

논문 2013-50-1-32

횡단경사면에서 지능형 보행보조로봇의 직진성 향상 방안 연구

(The Study of Methods for Improve the Linearity of the Walking Assistant Robot to Move on Lateral Slopes)

이 원 영*, 엄 수 홍*, 장 문 석**, 권 오 상***, 이 응 혁****

(Won-Young Lee, Su-Hong Eom, Mun-Suck Jang, O-Sang Kwon, and Eung-Hyuk Lee)

요 약

본 논문은 지능형 보행보조로봇이 횡단경사면주행에 있어 직진성 향상 알고리즘을 제안한다. 보행보조로봇은 횡단경사면주행시 로봇의 무게와 경사도에 의해 발생되어지는 회전모멘트의 영향을 받아 경로 이탈을 하게 된다. 이를 보정하기 위해 사용자가 입력하는 목표 회전각속도와 로봇의 회전각속도와의 비교를 통해 각 구동축에 가중치를 인가하는 알고리즘을 적용하였다. 제안한 보정 제어기를 실제 보행보조로봇에 적용한 결과 횡단경사면 이동시 Yaw 축 이탈거리는 무보정 실험의 경우 발생하지만 Yaw 보정 알고리즘을 적용하였을 경우에는 이탈거리가 최대 20cm 이내로 안정적인 주행을 하는 것을 확인할 수 있었으며, 이탈거리 변화율 또한 300cm 이후 안정화되어 더 이상의 변화가 발생하지 않는 것을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we propose the algorithm that improves the linearity of the walking assistant robot on lateral slopes. The walking assistant robot goes out of the course due to the rotational moment which is caused by the weight of the robot and the slope. To compensate this, we give the weight to each driving axle after comparing the real rotational angular velocity with the target rotational angular velocity which is entered by a user. The results of applying the algorithm to the real walking assistant robot show that the yaw axis deviation of the robot without the algorithm diverges, but the yaw axis deviation of the robot with the algorithm lies within 20cm, which can be recognized as stable. In addition, the changing rate of the course deviation is stabilized and shows no more course deviation, after moving 300cm.

Keywords : Lateral Slopes, Walking Assistant Robot, Yaw-Axis Control,

I. 서 론

* 학생회원, ** 정회원, *** 평생회원, 한국산업기술대학교 전자공학과

(Dept. of Electronic Engineering, Korea Polytechnic University)

**** 정회원, 경기과학기술대 기계자동화과

(Dept. of Mechanical Automation, Gyeonggi College of Science and Technology)

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 IT 융합 고급인력과정 지원사업(NIPA-2012-H0401-12-1007)과 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 노약자를 위한 ADL 지원 시스템 개발(MKE/KEIT[1 00352 01])의 연구결과로 수행되었음.

접수일자: 2012년11월12일, 수정완료일: 2013년1월2일

최근 삶의 질 향상에 따라 고령자의 기대수명이 높아지고 있으며, 이에 따라 고령자의 일상생활을 지원하는 기술 및 기기에 대한 관심이 높아지고 있다^[1]. 고령자는 신체 노령화로 인해 65세 이후부터 급격하게 근력이 감소되며, 그 중 하지 근력의 저하는 보행 행위를 저해하는 요소이다^[2]. 이들의 이동을 도와주는 이동 기기로는 전동 휠체어, 전동 스쿠터 와 보행보조기가 있으며, 특히 보행보조기는 사용자가 탑승하여 이동하는 전동 휠

체어나 전동 스쿠터와 달리 사용자가 보행하면서 재빨리 운동을 할 수 있는 기기이기 때문에 많은 관심을 받고 있다.

보행보조기는 사용자가 직접 보행보조기를 움직여 이동하는 수동형 기기가 대부분 이지만, 최근에 수동형 기기에 DC 모터를 연결하여 사용자가 최소의 조작으로 보행을 할 수 있는 전동형 보행보조기가 있다. 뿐만 아니라 전동형 보행보조기에 컴퓨터나 마이크로컨트롤러를 장착하여 보행 상황에 능동적으로 대처할 수 있는 보행보조로봇에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다 [3~4].

기존의 보행보조로봇은 평탄한 지형에서만 동작할 수 있는 제한이 있기 때문에 주로 대형병원 및 실버타운 등의 실내 이동 장치에만 국한되어 사용되었다. 하지만 최근 고령자의 실외 활동 영역이 증가됨에 따라 경사면 주행, 둔턱 주행 등과 같은 다양한 노면에 대처할 수 있는 연구가 이루어지고 있다^[5]. 특히 경사로 주행의 경우, 노면 상에 위치하는 보행보조로봇이 흘러내림 현상이 발생하여 사용자의 안전은 보장할 수 없을 뿐만 아니라 안전사고를 초래할 수도 있다. 이러한 안전사고를 예방하기 위해 DOB(lateral Disturbance Observer) 방법, 둔턱 및 장애물 회피 방법, Yaw Moment 방법 등의 연구가 이루어졌다.

Kim이 연구한 Power-assisted Wheel-chair^[6]는 DOB를 사용하는 방법을 연구하였으며, 이는 입력된 구동 토크에 따른 전동기의 각속도와 평지에서 전동기 각속도의 차이를 통해 보정하는 방법이다. 이것은 각속도의 출력 값을 피드백 받아 재 보정하는 장점이 있지만, 휠체어가 구동축에 속도 측정을 위한 장치를 장착해야 하고, 휠의 미끄러짐에 의한 틀어지는 각에 대한 보정 방법이 없는 문제점을 가지고 있다. Yasuhisa가 연구한 RT-Walker^[7]는 전방에 장착한 레이저 레인지 파인더(Laser Range Finder)를 이용하여 노면을 검사하고, 경사면 및 둔턱 장애물 상황에서 서보 브레이크(Servo-Brake)를 통해 장애물 회피를 유도하여 보행자의 안전성을 보장하는 방법을 사용하였지만, 수동형 보행보조기에서 브레이크 장착만 사용하였기 때문에 사용자의 편리성을 고려하지 않았다. Toshinobu의 전동 휠체어^[8]는 Yaw Moment 보상을 사용하는 방법을 연구하다. 이는 사용자의 입력 각속도를 입력받아 휠체어의 Yaw 축 각속도와 비교를 통해 보정하고, Roll 각

도에 따른 보정값을 적용하는 방법으로 별도의 속도측정 센서 없이 출력을 보정할 수 있고 미끄러짐 등의 노면 특성에 강인하다는 다는 장점이 있지만, 경사로 주행에 있어서 비례 적분 제어기만 사용하였기 때문에 주행 응답시간이 느려 횡단 경사면주행에서 직진 주행을 위해서는 오랜 적응 시간이 필요하다는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 노면 특성 강화를 위해 Yaw Moment 보상 제어를 사용하고 횡단 경사면 주행에 있어서 빠른 주행 응답 시간을 보장하기 위해 미분 제어를 추가하는 방법을 제안하여 횡단 경사면에서 직진성을 보장할 수 있도록 하였다.

본 논문 구성은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 보행보조로봇의 종단경사면 주행과 횡단 경사면 주행에 있어서 이동 각이 틀어지는 원인에 대해 설명하고, III장에서는 본 논문에서 제안하는 횡단 경사면 주행에서 직진성을 보장할 수 있는 알고리즘을 설명하며, IV장에서는 실험 환경과 실험 결과를 나타낸다. 마지막으로 V장에서는 결론을 맺는다.

II. 경사면 이동시 틀어짐의 원인

1. 종단경사면에서 보행보조로봇에 작용하는 외력
보행보조로봇이 종단 경사면 상에 위치 할 때 그림1과 같이 로봇의 중심을 기준으로 힘이 작용하며, 이는 종단 경사각 (θ_{slope})에 대해 경사면에 수직으로 작용하는 힘(\vec{F}_{GV})과 수평으로 작용하는 힘(\vec{F}_{GH})으로 분리할 수 있다.

이때 수평으로 작용하는 힘과 수직으로 작용하는 힘

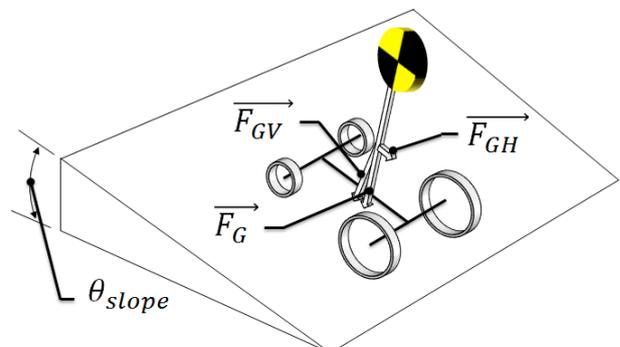


그림 1. 종단 경사면에서 보행보조로봇에 작용하는 외력
Fig. 1. The forces acting on a walking assistant robot on a vertical slope.

은 식(1)에서와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \overrightarrow{F_{GH}} &= \overrightarrow{F_G} \cdot \sin \theta_{slope} \\ \overrightarrow{F_{GV}} &= \overrightarrow{F_G} \cdot \cos \theta_{slope} \end{aligned} \quad (1)$$

보행보조로봇이 경사면에 위치 해 있을 경우 수평방향으로 존재하는 힘은 로봇을 미는 힘으로 작용하며, 이는 종단 경사면을 따라 이동 동작과 정지 동작 할 때 극복 요인으로 작용한다.

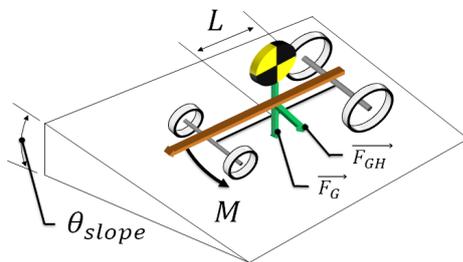
2. 횡단경사면에서 보행보조로봇에 작용하는 외력

보행보조로봇이 횡단경사면 상에 위치 할 때 무게중심의 위치에 따라 회전모멘트가 발생하게 되고, 이것은 무게와 경사도, 무게중심과 고정 축과의 거리에 영향을 받는다^[8~9].

로봇의 앞바퀴는 전방향 구동이 가능하고, 뒷바퀴는 전후방향 구동만 지원하는 경우, 종단경사면에서 로봇의 이동축과 외력이 가해지는 방향축이 같다. 하지만 그림 2와 같이 횡단 경사면에 위치하는 경우 외부 힘의 축과 이동축이 다르기에 뒷바퀴가 지지 축으로 작용하는 외팔보(cantilever)의 형태가 된다. 이로 인해 회전모멘트(M)가 발생하는데 이는 수평으로 가해지는 힘과 지지 축과의 거리 L 에 따라 작용한다. 이때 발생하는 회전모멘트는 식 (2)로 표현할 수 있다.

$$M = L \cdot F_{GH} \quad (2)$$

식 (2)에서 회전모멘트는 보행보조로봇이 측면 경사면 이동시 방향 틀어짐의 원인이 되는 힘으로 횡 경사



- L 구동축과 하중의 거리
- θ_{slope} 노면의 측면 경사도
- M 회전 모멘트

그림 2. 횡단 경사면에서 보행보조로봇에 작용하는 외력

Fig. 2. The forces acting on a walking assistant robot on a lateral slope.

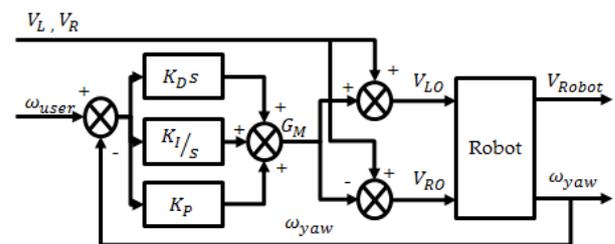
면에서 이동 할 때 회전모멘트에 상응하는 힘을 반대 방향으로 가해 주어야 직진성이 보장된다.

III. 보행보조로봇에서의 횡단 경사면 극복 알고리즘

보행보조로봇의 횡단 경사면 주행에서 Yaw 축을 보정하기 위한 알고리즘은 사용자의 보행의지 각속도와 보행보조로봇의 현재 수평 각속도와 비교하여 발생되어지는 오차 값을 기반으로 좌우측 구동기의 출력을 가감하여 보정한다. 이는 사용자의 보행의지 각속도를 입력으로 하고 피드백 값을 보행보조로봇의 각속도로 하는 PID 제어기의 출력으로 한다.

보행보조로봇의 사용자 입력 회전 각속도는 식 (3)에서와 같이 좌우측 전동기 인가속도에 의해 산출된다^[10]. 사용자의 입력 각속도는 좌우측 구동기의 속도차이에 비례하고, 구동 축간 거리에 반비례한다.

$$\begin{aligned} w_{user} &= \frac{V_L - V_R}{d} \quad (\text{rad/h}) \\ w_{user} &= \frac{V_L - V_R}{d \cdot 3600} \quad (\text{rad/s}) \end{aligned} \quad (3)$$



- w_{user} 사용자 의도 각속도 (rad/s)
- w_{yaw} 로봇의 Yaw축 각속도 (rad/s)
- G_M 전동기 이득 값
- K_P 제어기 비례 상수
- K_I 제어기 적분 상수
- K_D 제어기 미분 상수
- V_L, V_R 좌우측 전동기 속도 입력 (m/h)
- V_{LO}, V_{RO} 좌우측 전동기 출력 속도 (m/h)
- d 좌우측 전동기 축간 거리 (m)
- w_{err} 각속도 오차값 (rad/s)

그림 3. YAW 축 보정 블록도

Fig. 3. The block diagram of the yaw axis compensator.

산출되어진 사용자 입력회전각속도와 로봇의 현재 회전 각속도를 이용하여 수식 4에서와 같이 이득값을 구할 수 있다.

$$w_{err} = w_{user} - w_{yaw} \text{ (rad/s)}$$

$$G_M = K_P(w_{err} + K_i \int_0^t w_{err} dt + K_d \frac{dw_{err}}{dt}) \quad (4)$$

식 (4)를 통해 구해진 이득값은 식 (5)와 같이 입력되어진 각 구동기 인가속도 V_L , V_R 을 보정하여 최종 출력으로 사용된다.

$$V_{LO} = V_L + G_M \text{ (m/h)}$$

$$V_{RO} = V_R - G_M \text{ (m/h)} \quad (5)$$

IV. 실험 및 구현

1. 지능형 보행보조로봇

본 논문에서 제안하는 Yaw 축 보정 제어 알고리즘을 실험하기위해 그림 4에서와 같이 후륜 구동형 보행보조로봇을 사용하였고, 표 2는 사양을 나타낸다.

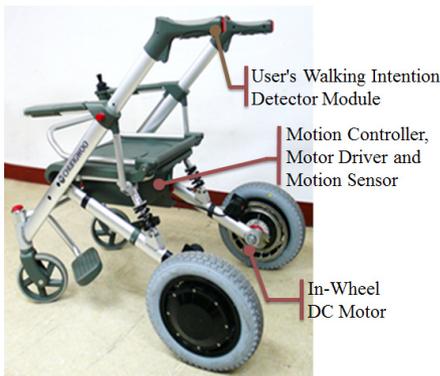


그림 4. 실험에 사용한 보행보조로봇의 외형
Fig. 4. Walking Assistant Robot.

표 2. 보행보조로봇 사양 표
Table 2. The specification of the walking assistant robot.

항목	내용
Size(W·H·D)	660 x 900 x 950 mm
Weight	35 Kg
Motor Spec	In-wheel DC Motor 180W / 24V

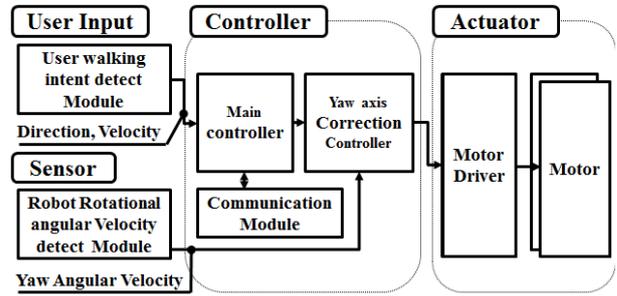


그림 5. 전체 시스템 구성도
Fig. 5. The block diagram of the entire system

로봇은 사용자의 보행 의도 입력이 가능한 핸들바, 로봇의 전체적인 제어하는 제어부, 로봇의 회전을 검출하는 모션 센서 그리고 로봇 움직임을 생성하는 전동기로 이루어진다.

그림 5는 실험에 사용된 보행보조로봇의 전체 시스템 구성도를 나타낸다. 보행보조로봇 시스템은 사용자 입력부, 센서부, 제어부와 구동부로 이루어진다. 사용자 입력부는 Handle-Bar, Joy-stick과 같은 사용자 보행 의지 입력 장치와 입력된 의지를 통해 로봇의 목표 방향 및 속도를 제어기에 전달하는 역할을 한다. 센서부는 로봇에 장착된 각속도 센서와 센서 데이터를 정량화하는 전처리부로 구성된다. 제어부는 사용자 입력부를 통해 입력받은 방향 및 속도를 이용하여 좌우측 목표 구동기 속도와 목표 회전 각속도를 출력하는 주제어기와, 센서부에서 받은 회전 각속도와 주 제어기로부터 받은 목표 회전 각속도를 이용하여 목표 구동 속도에 보정을 하는 Yaw축 보정제어기, 그리고 실험 시 내부 변수 확인 및 제어를 위한 통신모듈로 구성된다. 구동부는 로봇의 모션을 생성하기 위한 전동기와 전동기 구동을 위한 전동기 드라이버로 구성된다.

2. 제어기의 구현

본 논문에서 제안하는 알고리즘 구현을 위해서 그림 6과 같이 8비트 마이크로컨트롤러와 자이로스코프, 무선통신모듈을 내장한 제어기를 보행보조로봇에 장착하였다. 표 3은 제어기의 사양을 나타낸다.

그림 7은 본 시스템의 제어순서를 나타낸다. 시스템 시작 후 통신입력을 통해 사용자의 입력을 통한 제어를 할 것인지 아니면 가상 사용자의 시뮬레이션 프로그램을 사용 할 것인지 결정한다. 사용자의 입력에 의한 이동의 경우 사용자가 핸들바에 입력을 가하면 핸들바

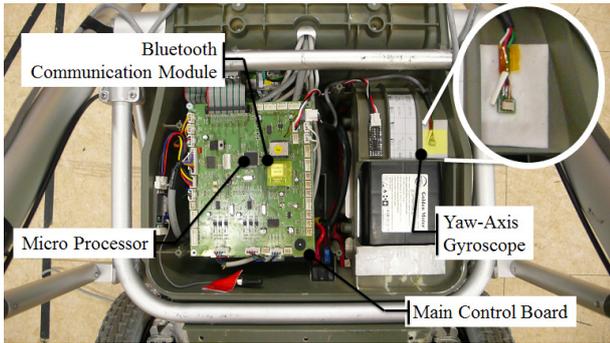


그림 6. 보행보조로봇의 제어기 구현 모습
Fig. 6. The implemented walking assistant robot

표 3. 제어기/센서 사양 표
Table 3. The specification of the Controller/Sensor.

항목	내용	
Processor	ATMEGA2560 (ATMEL社)	
Control Interval	50ms	
Gyro Scope	Name	XV-3500CB (Epson Toyocom 社)
	Scale Factor	0.67mV/(°·s ⁻¹)
	Rate Range	±100 deg/s

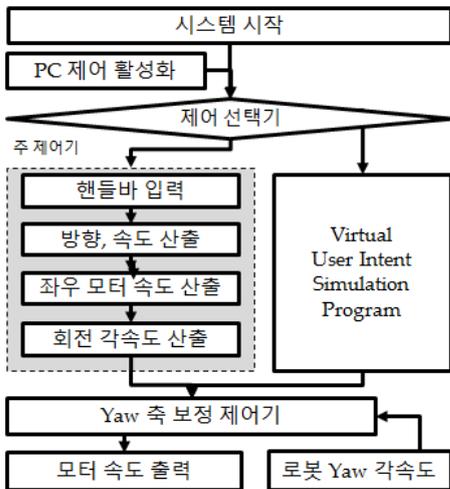


그림 7. 시스템 제어 순서도
Fig. 7. The sequence diagram of the control system.

하단에 위치하는 압력센서는 압력 정보를 주 제어기에 전달한다. 주 제어기는 입력 받은 정보를 이용하여 로봇의 속도 및 방향을 산출한 뒤 좌, 우측 구동 출력값과 로봇의 목표 회전 각속도를 보정 제어기에 전달한다. 보정 제어기는 사용자 입력 회전 각속도와 로봇의 회전 각속도를 비교하여 Yaw 보정값을 산출하며, 이를 주 제어기로부터 입력받은 구동기 출력값에 보정 출력하게 된다. 실험을 위해 사용하는 시뮬레이션 프로그램 구동

방식은 주제어기에서 출력하는 목표 회전각속도 와 좌우 모터 속도 정보를 PC에서 가상으로 출력하는 방식으로 이외의 과정은 동일하게 진행된다.

3. 실험 환경

실험은 횡단 경사면의 보행보조로봇에 경사 의한 회전모멘트 외에 추가 외력이 없다고 가정하며, 이동 중 장애물이 없는 환경에서 보행보조로봇이 횡단경사면에 정지 대기후 이동하여 정지하는 상황을 모델로 하고, 실험 항목은 무보정 제어기 구동, YAW 축 보정 제어기 적용 구동으로 2개의 항목에 대해 실험을 한다. 다음 그림 8은 실험을 실시한 경사면의 모습이다.

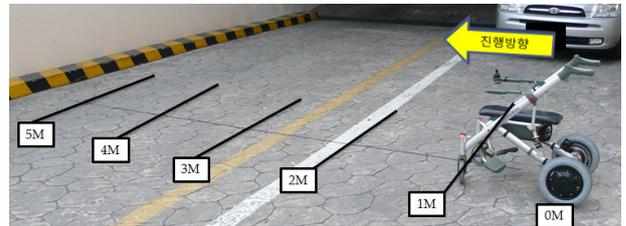


그림 8. 실험 구간
Fig. 8. The experiment area.

실험 구간은 측면 경사 8°를 가지는 폭 5m 2차선 도로의 횡단면이며, 실험 순서는 지능형 보행보조로봇을 횡단 경사면에 위치시킨 뒤, 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 무선통신을 통해 원격으로 2km/h 속도와 0 rad/s로 주행명령을 하고, 실험구간(4m)의 이동이 끝나면 정지명령을 전달하여 정지하는 것으로 종료한다. 측정 데이터는 보행보조로봇의 이탈 거리로, 이는 중심 이동선에서 25cm단위로 디지털 카메라를 사용하여 측정하며, 수집된 영상을 기반으로 이탈 거리의 변화율을 측정하였다.

3. 실험 결과

본 논문에서 제안하는 Yaw축 보정 알고리즘의 성능을 판단하기 위한 실험은 보정알고리즘을 적용하지 않은 실험(무보정)과, 알고리즘을 적용한 실험(Yaw 보정)으로 진행하였으며, 이동거리별 이탈거리는 다음 그림 9와 같다.

그림 9에서 무보정 제어기의 경우 이동 거리의 증가에 따라 중력에 의한 회전모멘트가 발생하여 이탈 거리가 수렴하거나 안정되지 않고 계속 증가됨을 확인할 수

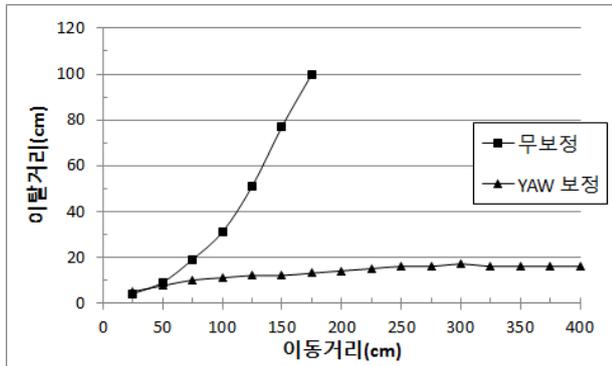


그림 9. 보정 제어를 적용한 보행보조로봇과 적용하지 않은 보행보조로봇의 거리별 이탈 거리
 Fig. 9. The Escape distance of the walking assistant robot with/without the applied algorithm with respect to the moving distance.

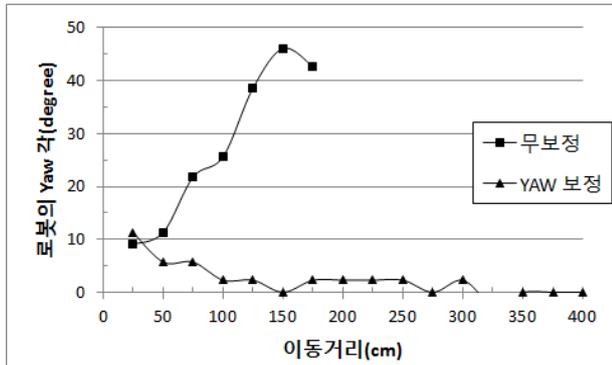


그림 10. 보정 제어를 적용한 보행보조로봇과 적용하지 않은 보행보조로봇의 시작지점을 기준으로 한 거리별 Yaw축 각도
 Fig. 10. The yaw axis angle of the walking assistant robot with/without the applied algorithm with respect to the moving distance.

있었다.

무보정 실험의 경우 이탈거리가 계속 증가되는 반면에 Yaw축 보정 실험은 중력에 의해 발생하는 회전 모멘트를 Yaw축 보정 알고리즘을 통하여 보정을 하였기 때문에 200cm 까지 계속 증가추이를 보이지만 200cm 이후 서서히 안정되면서 300cm 이후 이탈 거리가 더 이상 증가하지 않았다.

그림 10은 그림 9의 실험을 바탕으로 로봇의 틀어진 각의 변화를 나타낸다. 무보정 실험의 경우 보행보조로봇의 무게와 경사각에 의해 발생하는 회전모멘트가 작용하여 Yaw각이 계속 증가하는 것을 알 수 있었다. 반면에 Yaw 보정실험은 Yaw각이 초기에 11°까지 오차 각도가 증가하였지만, 이후 로봇의 회전각속도와 사용

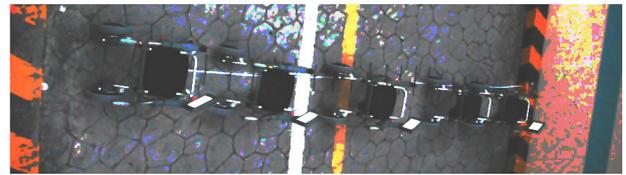


그림 11. 보정 제어를 적용한 보행보조로봇의 이동 모습
 Fig. 11. The moving trajectory of the walking assistant robot with the applied algorithm.

자의 회전 각속도를 이용한 보정 제어를 통해 150cm 지점부터 안정되기 시작하여 300cm 지점에서 더 이상의 틀어짐이 없이 수렴하는 것을 확인할 수 있었다. 그림 11은 보정제어를 적용한 로봇의 이동 경로를 나타낸다.

실험 결과 횡단경사면 이동시 Yaw 축 이탈거리는 무보정 실험의 경우 발산하였지만 Yaw 보정 알고리즘을 적용하였을 경우에는 이탈거리가 최대 20cm 이내로 안정적인 주행을 하는 것을 확인하였으며, 이탈거리 변화율 또한 300cm 이후 안정화되어 더 이상의 변화가 발생하지 않는 것을 확인할 수 있었다.

V. 결 론

본 논문은 후륜형 보행보조로봇이 횡단 경사면 주행에서 틀어짐 현상에 대해 분석하고 직진성을 향상 시키기 위한 Yaw 보정 알고리즘을 제안하였다. 제안된 극복 방법은 로봇의 내부의 Yaw축 자이로스코프를 장착하여 사용자의 입력 각속도와 로봇의 주행 중 로봇의 회전각속도를 비교하여 보정하는 알고리즘으로 별도의 엔코더나 홀센서와 같은 속도 감지 장치의 사용 없이 횡단 경사면 이동에 따른 직진성 확보 방법이다. 제안된 알고리즘의 제어성능을 비교한 결과 1.5m 이동 후 진행 각도가 46°인 반면 제안된 방법의 경우 0~2.3°로 직진성이 향상되는 결과를 볼 수 있었다.

본 실험은 후륜형 보행보조로봇을 이용하여 횡단 경사면에서 이동을 시작하며 보행의지를 직진으로만 가정 한 실험을 하였다. 향후 다양한 보행의지가 적용된 실험을 실시하여 본 논문에서 제시한 보정 알고리즘 적용 전과 후의 이동시 이탈면적을 비교하여 사용자의 보행 편리성 및 정확성 평가가 실시되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 전경진, “실버공학기술개발”, 한국정밀공학회, 제21권 제1호, pp.11-16, 2004.1
- [2] 전경희, “노인생활실태 및 복지욕구조사”, 한국보건사회연구원, 보건복지포럼, pp.50-56, 2005.3
- [3] 심현민, 정치연, 이응혁, “노령자의 생활지원을 위한 지능형 보행보조 로봇 기술”, 전자공학회지, 제33권 제7호, pp26-41, 2006.7
- [4] 최혁재, 강성재, 권철용, 류제청, 이석민, 문무성, “고령자 보행보조로봇 제어기법 연구”, 제어로봇시스템학회 논문지, 제16권 제9호, pp823-826, 2010.9
- [5] 이동광, 공정식, 고민수, 이응혁, “비평탄지형에서의 보행의지파악 센서 진동량 감쇠 알고리즘 개발”, 한국지능시스템학회, 제21권 제1호, pp42-48, 2011. 2
- [6] Kim K, Nam K, Oh S, Fujimoto H and Hori Y, “Yaw Motion Control of Power-assisted Wheelchairs under Lateral Disturbance Environment”, IECON 2011 - 37th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, pp4256-4261, Nov. 2011.
- [7] Yasuhisa Hirata, Asami Hara, Kazuhiro Kosuge, “Motion Control of Passive Intelligent Walker Using Servo Brakes”, IEEE Transactions on Robotics, vol23, No 5, pp981-990, Oct. 2007.
- [8] Takei T, Suzuki Y, Matsumoto O, Adachi Y, Sasaki Y, Kamo M, “Development of assistive technologies for safe operation of electric wheelchairs on sloping sidewalks and grade height differences“, System Integration (SII), IEEE/SICE International Symposium, pp43-48, Sendai, Japan, Dec. 2010.
- [9] C. E. Brubaker, “Effects of side slope on wheelchair performance”, Journal of Rehabilitation Research and Development vol. 23 No. 2, pp55-57, 1986.
- [10] 김중환, “Robot Soccer System”, 과학문화사, pp 13-17, 1999.

저 자 소 개



이 원 영(학생회원)
 2011년 한국산업기술대학교
 전자공학과 학사 졸업.
 2012년 한국산업기술대학교
 정보 통신 석사 과정.
 <주관심분야 : 지능형 서비스 로
 봇 제어, 재활공학>



권 오 상(정회원)
 1990년 인하대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1992년 인하대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 1999년 인하대학교 전자공학과
 박사 졸업.
 2006년~현재 경기과학기술대학교 기계자동화과
 교수
 <주관심분야 : 가정용로봇, 재활보조로봇>



엄 수 홍(학생회원)
 2009년 한국산업기술대학교
 전자공학과 학사 졸업.
 2011년 한국산업기술대학교
 정보 통신 석사 졸업.
 2012년 한국산업기술대학교
 정보 통신 박사과정.
 <주관심분야 : 지능형 서비스 로봇 제어, 재활공
 학>



이 응 혁(평생회원)
 1985년 인하대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1987년 인하대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 1992년 인하대학교 전자공학과
 박사 졸업.
 2000년~현재 한국산업기술대학교 전자공학과
 교수
 <주관심분야 : 지능형 서비스로봇 제어, 모바일
 헬스케어 시스템, 재활공학>



장 문 석(정회원)- 교신저자
 1997년 건양대학교 컴퓨터공학과
 학사 졸업.
 2000년 인하대학교 컴퓨터공학과
 석사 졸업.
 2010년 인하대학교 전자공학과
 박사 졸업.
 2010년~현재 한국산업기술대학교 산학협력
 연계교수
 <주관심분야 : 센서 네트워크, 위치인식, 서비스
 로봇 제어, 모바일헬스케어시스템>