

대한기계학회 주선**제9회 전국학생설계경진대회(2019년)****설계 최종 보고서**

참가부	고등부 () / 대학부 (○)				
참가분야	공모주제 () / 자유주제 (○)				
참가팀명	밀어유				
설계제목	스마트카트				
지도교수/교사	(소속) 한남대학교 (성명) 정기남 (연락처) (이메일) kinam.jung@hnu.kr				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	황동현	한남대학교 기계공학과		zhdnjs218@naver.com	

참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	황동현	한남대학교 기계공학과 / 4학년	zhdnjs218@naver.com
2	임정택	한남대학교 기계공학과 / 4학년	wjdxoe11@naver.com
3	이경재	한남대학교 기계공학과 / 4학년	calrias@naver.com
4	박민식	한남대학교 기계공학과 / 4학년	trnvtlf@gmail.com
5	강재신	한남대학교 기계공학과 / 4학년	kcesin@naver.com
6			

설계 요약문

참가분야	공모주제 () / 자유주제 (○)
참가팀명	밀어유
설계제목	스마트 카트
대표자명	황동현
요약문	<p>현재 시장에 나와 있는 전동 수레의 문제점은 낮은 적재량과 회전 시 높은 회전반경을 요구한다. 그리고 주행 시 작은 장애물이 있으면 바퀴가 돌파하지 못하고 걸려서 못 움직이는 경우가 있다. 그래서 다양한 지면에 사용이 불가능하여 단지 포장도로에서만 사용이 가능하다. 그리고 조작성이 쉽지 않아 직진 주행 시 번거로움이 있다.</p> <p>설계 방안으로선 200 kg 중량의 짐을 싣고서 5 km/h의 일정 속도를 유지할 수 있다. 그리고 주행 시 낮은 토크와 바퀴의 회전반경으로 인해 조작성 번거로움이 있다. 하지만 이중 차동 기어를 채택하여 기어 비 60:1로 높여 토크를 28.9 Nm 까지 증가시켰으며, 바퀴 각도 조절 조향이 아닌 조향 모터를 사용하여 양 바퀴의 회전수 차이를 이용하여 회전한다. 고로 제자리 회전이 가능하여 낮은 회전반경이 필요하게 된다. 또한 앞뒤 바퀴가 체인으로 연결하여 사륜구동이 가능하다. 그래서 비포장도로에서 험지 주행 능력이 상승하여 다양한 환경에서 사용이 가능하다.</p> <p>카트 상단부에 장착된 카메라를 통해 카트 앞에 있는 표식을 읽어 들여 표식의 위치, 크기를 인식하고 이에 따라 모터의 속도를 조절하여 표식을 쫓아가게 한다. 아두이노는 센서나 모터를 제어하는데 적합하지만, 카메라의 해석이 용이하도록 처리 능력이 보다 높은 라즈베리파이를 동시에 사용함으로써 위 내용을 구현할 수 있다.</p> <p>시중 상품 대비 개선점</p> <ul style="list-style-type: none"> - 12인치 바퀴로 확장, 통일 시켰으며, 단축 구동에서 사륜으로 바꿈으로써 험지주행 능력 상승 - 배터리 용량을 30 Ah로 높여 사용시간 증가 - 프레임 경량화 - 기존 기어박스가 없는 단축 구동, 워미터 구동에서 이중 차동 기어로 바꿈으로써 토크를 높이고 안정적인 직진, 역회전 및 제자리회전 가능 - 이중 차동기어로 출력토크가 상승하므로, 작고 가벼운 모터로 변경, 전력소모량 감소로 구동시간 증가 - 기성품 컨트롤러에서 아두이노 컨트롤러로 변경, 제어에 용이 - 모터 제어 시, 스로틀 밸브 조작에서 가변 저항과 버튼조작으로 변경하여 조작 편의성 완화 - 표식 추적기를 프로그래밍 하여 사람을 쫓아가는 기능 추가

이중차동기어 기반 표식 추적가능 스마트 카트

황동현*, 임정택*, 강재신*, 이경재*, 박민식*, 정기남*

*한남대학교 기계공학부

Tracking-enabled Smart Cart Based on Double-differential Gear

Dong Hyeon Hwang*, Jeong Taek Lim*, Jae Shin Kang*, Kyung Jae Lee*, Min Sik Park*,
Kinam Jung*

* Department of Mechanical Engineering, Hannam University

(Received October 21, 2019)

Key Words: Smart Cart(스마트카트), Double differential gear(이중차동기어), follow-me tracking function(추적기능)

초록: 기존의 전동카트의 주행능력, 적재량 등을 개선시키기 위해 설계하였다. 설계물의 특징으로는 중장비에서 쓰이는 이중차동기어의 기능을 추가하였으며, 카메라를 통한 인식기능을 추가하여 사용자의 표식을 인식하여 따라올 수 있는 기능을 추가하였다. 이중차동기어를 사용하여 험지에서의 주행능력, 직진성을 높였다. 카메라 인식기술은 스마트 카트에 적용하여 작업자를 따라올 수 있는 기능을 탑재하였다.

Abstract: The suggested smart cart is designed to improve the driving capacity and load carrying capacity of conventional electric carts. The features of the smart cart as follows: the double differential motor function used in heavy equipment and the recognition function through the camera to recognize and follow the user's markings. The double differential gear is used to increase driving capability and straightness in the rugged terrain. The camera recognition technology has been implement to the smart cart to follow user.

1. 서론

본 연구에서 제시한 스마트 카트는 농촌 및 공장에서 사용할 수 있도록 설계되었다. 기존 전동 카트의 문제점은 험한 길에서 주행이 어렵다는 점이다. 농촌에서는 길이 좁기 때문에 제자리 회전이 불가능하여 회전 시에 큰 회전반경이 요구된다. 본 연구에서는 이러한 기존의 전동 카트의 문제점들을 해결하는 것을 목표로 한다.

This proposed smart cart is designed to be used in rural areas and factories. The biggest part of the problem with conventional electric cart is that they are difficult to drive on rough roads. The electric vehicle is hard to rotate in the rural areas with a narrow street, which requires a large radius of rotation. The aim of this study is to solve aforementioned problems of the electric cart.

2. 설계핵심내용

† Corresponding Author, kinam.jung@hnu.kr

설계문제 정의

- 험지에서 직진, 코너링 같은 주행능력이 요구되며, 좁은 길에서도 운용을 할 수 있어야 된다. 뿐만 아니라 사용자들이 수레를 밀거나 끌 수고를 덜어야 한다.

설계 문제 분석

- 험지에서의 주행능력을 개선하기 위해 이중차동기어와 체인을 사용한 사륜구동 기능을 카트에 추가하여 능력을 개선하였다. 사용자들을 따라올 수 있게 하기 위해 카트 핸들에 카메라를 부착하여 사람에게 부착된 표시를 인식하여 따라 올 수 있게 기능을 만들었다.

설계 제약조건, 해결과정

- 카트의 프레임이 최대 200 kg까지 버틸 수 있어야 하며 구동축에서 기어비로 60 N·m의 비틀림 모멘트를 버틸 수 있어야 하며 기어들의 무게로 인한 굽힘응력도 버틸 수 있어야 한다. 정상속도 5 km/h를 유지할 수 있어야 한다. 이를 해결하기 위해 2T 사각프레임을 사용하였으며, 설계 계산을 통해 12mm, 20mm 샤프트를 적절히 조합하여 사용하였다. 설계 속도를 만들기 위해 다양한 크기의 베벨기어, 평기어를 조합하여 적정 기어비를 만들었다. 열악한 환경(야외 자외선, 음향 등의 변수) 속에서 자동 원격 조종을 하기 위해서 광원만 일정하다면 사용이 가능한 카메라를 이용했다. 각 환경에 따라 다른 광원 상태는 표식의 업데이트하면 손쉽게 변경 가능하다. 안전하게 사용할 수 있도록 인식 불량에 대처할 방안이 필요했고, 최대속도를 사용자 임의로 조정하게 하여 불의의 사고를 예방했다.

경제성 분석

- 시중에 판매되는 기존 전동카트들은 모터와 바퀴가 직접 연결하거나, 간략한 기어를 사용하여 구동한다. 또한 이 때문에 원하는 속도를 만들기 위해 고사양의 모터를 사용하며 이 모터로 인해 배터리 또한 용량이 추가 되어 결국 높은 비용이 요구된다. 이러한 경제적인 원인을 해결하기 위해 기어의 조합으로 저사양의 모터와 적은 용량의 배터리를 사용하여 비용 또한 절감할 수 있다.

설계 내용

- 200 kg 의 짐 무게를 견디면서, 200 W 모터의 힘으로, 5 km/h 속도 유지할 수 있어야 한다. 좁고 굽은 길에서 주행하기 위하여 카트의 좁은 회전반경이 요구되어 이중 차동 기어를 선정하였다. 카트의 회전반경을 좁히는 동시에 4륜 구동을 통해 험한 길에서의 구동력을 높였다. 그리고 모터를 제어하기 위해 쉽고 간단한 아두이노를 선택하였다. 라즈베리파이에 카메라를 영상을 통해 사용자가 등록된 표식에 대한 정보를 아두이노로 전달되어 트랙킹 기능을 추가했다.

Table 1 Gantt chart

설계 진행 내용	4월	5월	6월	7월	8월	9월
설계 Design Thinking	■					
설계 자동기능 상세화		■				
3D 모델링 작업 프로그램 설계			■			
기어 가공 및 수정 프로그래밍 코딩				■		
부품 조립, 디버깅 실제 구동 오차 수정					■	

3. 결과 및 토의

Table 2 design process, finished picture

<p>design thinking</p>	<p>카트 주요 설계부</p>
<p>기어 가공 및 조립</p>	<p>카트 솔리드웍스 모델링</p>
<p>카트 후륜부</p>	<p>카트 완성</p>

작동 원리

이중차동기어 구동 방식은 직진주행, 회전주행 2가지로 분류가 된다. 직진 주행 시 큰 평기어 내부에 배치가 된 작은 베벨기어가 회전을 함으로서 역회전이 맞물려 최종적으로 바퀴가 구동을 하게 된다. 회전 주행 시 상단 회전 모터가 구동을 하면 큰 평기어, 작은 평기어가 맞물려 돌아가게 된다. 그 결과 큰 평기어 안에 배치된 작은 베벨기어는 각기 다른 회전수를 가지게 됨으로서 제자리 회전 및 회전 주행이 가능하다.

스마트 기능에서는 라즈베리파이에서 카메라를 통해 전달받은 카트 전면의 영상에서 사용자가 등록한 표식에 대한 좌표와 크기를 얻고, 이 정보를 시리얼 통신을 통해 아두이노로 전달되어 좌표의 위치가 중심에서 왼쪽으로 가면 왼쪽으로 조향되고, 오른쪽으로 가면 오른쪽으로 조향되게 하였다. 그 후 표식의 크기에 따라 크기가 크면 속도가 느려지고, 작으면 속도가 느려지도록 제어하게 된다.

시연 결과

도로 주행 및 험지 주행 결과 원하는 주행을 얻을 수 있었다. 이중 차동 기어의 구동으로 좌우 바퀴의 회전력을 조정하여 직진 및 부드러운 코너링과 제자리 회전이 가능하였다. 그리고 스포로킷과 체인의 동력으로 4륜 구동이 가능하며, 다양한 도로 환경에서 무리 없는 구동이 가능한 것을 확인 하였다.

수동 조작 시 아두이노의 작동으로 속도 조절 및 회전이 가능하다. 그리고 라즈베리 파이의 카메라 구동을 통한 인식 정보처리를 통해 직접 구동이 아닌 자율 주행의 구동으로 속도 조절 및 정지가 가능하다.

최종 설계 결과물의 장단점 및 의의

* 장점

- 사륜구동 기능을 추가하여 험지 주행능력이 우수하다.
- 제자리 회전 및 작은 회전반경으로 구동하여 좁은 길에서 활용이 가능하다.
- 고중량의 짐을 적재하고 최고속도 5 km/h까지 운행이 가능하다.
- 카메라 인식기능을 사용하여 사용자가 직접 구동을 할 필요가 없다.

* 단점

- 광량에 따라 인식이 어려울 수 있다.
- 긴급 제동 시 사람이 직접 킷 스위치를 눌러야 한다.
- 각 전장품의 무게가 많이 나감으로 공차 무게가 있다.

* 필요성

농촌, 공사단지, 공업단지, 물류센터 등에서 지게차가 움직이지 못하는 작은 공간에서 고 중량의 짐을 적재 및 운반이 필요하다. 또한 기존 전동 수레는 작은 지형 변화에도 저항을 받아 동작이 멈추는 경우가 있다. 그래서 작은 사이즈에 높은 토크와 험지 주행능력, 고중량 적재의 능력이 필요하다.

* 차별성

기존 상품들은 단일축 동력전달, 웜기어 동력 전달을 함으로써, 기어 수 대비 무게와 크기가 큰 모터를 사용하였다. 하지만 이중 차동기어를 사용함으로써, 작고 가벼운 모터를 사용하여 크기를 줄일 수 있으며, 전력 소비량을 낮추어 구동 시간을 늘릴 수 있다. 또한 스마트 기능인 follow me 기능을 사용하여, 사람이 직접 구동이 아닌 따라오는 방식으로서 조작에 간편함을 추구 하였다. 또한 수동 운전이 필요할 때, 간단한 조작변경으로 누구나 간편하게 운용을 할 수 있다.

* 상용화

시중에 유통되고 있는 전동카트는 대량생산을 목적으로 설계가 되어있으며, 구조가 간단하다 볼 수 있다. 하지만 이번 설계품은 기존 상품 대비 개선을 목적으로 둔 설계로서 현재 완성품으로는 대량생산에 부족함이 있을 수 있다. 이 점을 개선하기 위해선 각기 가공이 필요한 부품을 사용하는 것이 아닌, 모듈화 된 부품을 사용함으로써, 제작 및 수리가 간편하게 되어야 한다.

최종 설계 결과물의 실제 활용 방안

1. 전자 제어기능을 설계 하여 적은 힘으로도 주행이 가능하도록 하고, 사륜구동 기능으로 험한 길을 무리 없이 주행할 수 있다.
2. 이중차동기어 기능을 활용하여 제자리회전이 가능하며 회전 반경이 작다.
3. 사람을 따라다니는 자율주행 기능을 추가하여 농촌, 공장, 물류센터 등 다양한 환경에서 사용가능하다.
4. 간단한 조작방식으로 누구나 손쉽게 사용이 가능하다.

4. 결 론

농촌, 공사단지, 공업단지, 물류센터 등에서 지게차가 움직이지 못하는 작은 공간에서 고중량의 짐을 적재 및 운반이 필요하다. 또한 기존 전동 수레는 작은 지형 변화에도 저항을 받아 동작이 멈추는 경우가 있다. 그러므로 높은 토크 량과 험지 주행능력, 고중량 적재의 능력이 필요하다.

험지에서 직진, 코너링 같은 주행능력이 요구되며, 좁은 길에서도 운용을 할 수 있어야 된다. 사용자들이 수레를 밀거나 끌 수고를 덜어야 한다. 이러한 조건을 토대로 설계한 결과, 200 kg의 무게를 견디면서, 200 W 모터의 힘으로, 5 km/h 속도를 유지하도록 설계하였다. 좁고 굽은 길에서 주행하기 위하여 카트의 좁은 회전반경이 요구되어 이중 차동 기어를 선정하였다. 카트의 회전반경을 좁히는 동시에 4륜 구동을 통해 험한 길에서의 구동력을 높였다. 그리고 모터를 제어하기 위해 쉽고 간단한 아두이노를 선택하였다. 트랙킹 기능을 추가하여, 라즈베리파이에서 카메라를 영상을 통해 사용자 표식 정보를 아두이노로 전달하여 트랙킹 기능을 수행한다.

기존 시중의 제품들은 동력부에서 축간 동력 전달 장치를 단순한 워기어를 사용하거나, 단일축으로 동력 전달을 하는 구조이다. 그래서 기어 수 대비 동력 전달 토크가 부족하여 상당한 크기와 무게의 모터를 사용한다. 본 설계에서는 이중 차동 기어를 설계함으로써 저사양의 모터로 충분한 동력을 내어, 중장비와 같은 구동 방식으로 주행능력과 적은 회전반경을 만들었다.

또한 모터를 제어하기 위해서는 제어기가 필요하였고, 쉽고 저렴하게 임베디드를 할 수 있는 아두이노를 선택하였다. 트랙킹 기능을 구현하기 위해 라즈베리 파이를 사용하였다. 결과적으로 수동 조작과 카메라 인식을 통한 자율주행으로 2가지 모드로 구동한다.

후 기

본 연구에 많은 도움을 주신 한남대학교 강봉수 교수님께 진심으로 감사드립니다.

참고문헌

- (1) Dong geun Kim, 2016, "C++ API OpenCV 프로그래밍," kame, pp. 730~797
- (2) Dong geun Kim, 2018, "python으로 배우는 OpenCV 프로그래밍," kame, pp. 320~370
- (3) BASICMICRO, 2015, "BASICMICRO RoboClaw Series Brushed DC Motor Controllers User Manual", 50~52p