

편경사 환경에서 6WD 차량의 제자리 선회 제어 방법에 관한 연구

안국진

국방기술진흥연구소 기술평가팀

A Study for Pivot Steering Control for 6WD Vehicle on Superelevation Roads

Kookjin Ann

Technology Evaluation Team, Korea Research Institute for Defense Technology Planning and Advancement

요약 본 논문에서는 편경사 환경에서 제자리 선회 시 안정성을 향상시키기 위한 6WD(6 Wheel Drive) 차량의 제자리 선회 제어 방법에 대해 연구했다. 군용차량은 협소한 야지 주행로에서 방향전환을 위해 제자리 선회를 수행한다. 이때 제자리 선회 환경은 차량의 횡방향으로 경사가 있는 편경사 환경일 수 있다. 편경사 환경에서 제자리 선회를 수행할 경우 선회 중 차량의 중심이 경사 아래 방향으로 이동할 수 있다. 제자리 선회 중 차량의 변위가 커지면 주행 가능한 영역을 벗어날 수 있기 때문에 제자리 선회 제어 알고리즘의 개발이 필요하다. 본 논문에서 개발한 제자리 선회 제어 알고리즘은 중륵의 휠 각속도를 측정하여 나머지 4개의 휠에 인가하는 휠 토크를 제어한다. 이 제어 방법은 전륵과 후륵의 휠 각속도를 결정하기 위한 부분과 목표 휠 각속도를 추종하기 위한 토크를 계산하는 부분으로 구성된다. 먼저, 중륵의 휠 각속도를 측정하여 좌우 휠 각속도의 오차를 감소시키는 나머지 4개 휠의 목표 휠 각속도를 결정한다. 다음으로 각 휠 마다 목표 휠 각속도를 추종하기 위한 휠토크를 계산한다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 편경사 환경에서 기존 제어 알고리즘과 개발한 제어 알고리즘을 비교했다. 개발한 제자리 선회 제어 알고리즘을 통해 편경사 환경에서 제자리 선회 시 기존 제자리 선회 방법 대비 차량 변위가 감소했다. 이를 통해 군용차량은 야지 운용환경에서 안정적인 방향 전환이 가능하다.

Abstract This paper presents pivot steering control for 6WD (6 Wheel Drive) vehicles to improve stability in superelevation roads. Military vehicles perform pivot turns to change direction in narrow off-road paths. In this case, stable pivot turns are required on slippery and inclined roads. During pivot steering in a superelevation road, the vehicle may move downward. As the vehicle displacement increases, it can exceed the drivable area. Therefore, it is necessary to develop a pivot-steering algorithm. The proposed control algorithm measures the rotation speed of the middle wheels and controls the torque applied to the remaining four wheels. First, the target wheel speed of the front and rear wheels was determined to reduce an error in the middle wheel speed. The wheel torque required to follow the target wheel speed was calculated for each wheel. The proposed control algorithm was investigated via computer simulations. The proposed control algorithms reduced vehicle displacement during pivot steering in a superelevation road. As a result, military vehicles can improve stability during pivot steering in severe off-road paths.

Keywords : 6WD, Pivot Steering, Superelevation Road, Control Algorithm, Stability

*Corresponding Author : Kookjin Ann(KRIT)

email: kjin@krit.re.kr

Received June 7, 2024

Accepted July 5, 2024

Revised June 27, 2024

Published July 31, 2024

1. 기호 설명

- V_x : 종방향 속도, m/s
- V_y : 횡방향 속도, m/s
- F_x : 타이어 종방향 힘, N
- F_y : 타이어 횡방향 힘, N
- F_z : 타이어 수직방향 힘, N
- m : 차량 질량, kg
- I_z : 차량 중심에 대한 관성모멘트, kg/m^2
- a_x : 종방향 가속도, m/s^2
- a_y : 횡방향 가속도, m/s^2
- γ : 요 각속도, deg/s
- l_i : 차축과 차량 중심 사이의 거리, m
- w_i : 윤거, m
- σ : 타이어 슬립률, -
- C : 타이어 강성 계수, N
- r_{eff} : 휠의 유효 반지름, m
- ω : 휠 각속도, deg/s
- T : 휠 토크, $N \cdot m$
- μ : 노면 마찰계수, -

2. 서론

일반적인 승용차량은 4개의 휠을 통해 포장된 도로 환경에서 주행하는 것을 목적으로 한다. 그러나 군용차량은 포장된 도로 환경 외에 험지나 야지와 같은 비포장 도로를 주행하거나 다양한 장애물을 극복하는 주행 성능이 필요하다.

이러한 성능을 향상시키기 위해 6WD 혹은 8WD의 차량이 개발되었고 이를 제어하기 위한 연구들이 진행되었다. Kim 외 3인과 Kim 외 1인은 6WD, 6WS(6 Wheel Steering) 차량의 자율주행 제어 알고리즘을 개발하기 위해 동역학 거동을 분석하고 시험차량으로 알고리즘을 검증하였다[1,2]. 또한 독립구동, 독립조향 시스템을 설계하여 제자리 선회, 크랩 주행을 시험 결과를 분석했다. Kim 외 4인은 군용차량의 등판성능 최적화를 위해 6WD 차량의 토크분배를 통해 등판능력을 향상시켰다[3]. Han 외 1인은 6륜 차량의 조향비율을 결정하기 위해 조향비율에 따른 차량의 거동을 분석하여 최적의

조향비율을 계산했다[4]. 군용차량은 원격주행을 통해 무인으로 운용되기도 한다. Kim 외 4인은 6륜차량의 거동을 분석하여 조향반력을 계산하고 이를 이용해 원격조종자에게 전달해주는 햅틱제어에 대해 연구했다[5].

군용차량이 험지나 야지를 주행할 때에는 주행가능한 영역이 제한적이기 때문에 제자리 선회 기능을 통해 회전 반경을 줄일 수 있다. Kim 외 3인은 여러 가지 조향모드를 분석하여 다른 조향모드 대비 제자리 선회의 회전반경이 크게 감소됨을 확인했다[6]. 회전 반경이 감소된 만큼 제한된 영역에서도 신속하게 선회하여 기동성을 향상시킬 수 있다.

통상적인 제자리 선회는 좌측 휠과 우측 휠에 회전 방향이 반대인 동일한 크기의 휠 각속도로 구동하여 수행한다. 목표 휠 각속도를 유지하기 위해 각 휠의 구동 토크를 제어해야 차량의 위치 변위가 유지된 채로 제자리 선회를 할 수 있다. 그러나 주행 환경에 경사가 있거나 균일하지 않은 경우 제자리 선회를 하는 동안 차량 중심의 변위가 이동하기 때문에 경사진 방향으로 미끄러져 주행가능 영역을 벗어날 수 있다. 이를 해결하기 위해 Ann 외 1인은 중륜의 휠 각속도를 측정하여 좌측과 우측 휠 각속도의 차이에 따라 경사 환경에서 안정적으로 제자리 선회할 수 있는 제어 방법을 제시했다[7]. Choi는 험경사 환경에서의 주행을 위해 동역학 거동과 제어 방법에 대해 연구했다[8].

기존의 연구사례는 좌측과 우측에 동일한 크기의 휠 각속도로 제어하여 제자리 선회를 수행하고 이를 검증하는 연구들이 진행되었다[6]. Ann 외 1인이 중륜 휠 각속도를 이용한 안정적인 제자리 선회 제어 방법을 제시했으나 이에 대한 검증은 이루어지지 않았다[7]. 기존의 6WD 차량은 좌측 휠 3개와 우측 휠 3개에 동일한 크기의 토크를 인가하여 제자리 선회를 수행했다. 이러한 방법으로 제자리 선회 시 경사 아래 방향으로 차량이 미끄러지는 문제가 발생한다. 그러나 본 논문에서 제시한 제자리 선회 제어 알고리즘은 중륜을 제외한 좌측 휠 2개와 우측 휠 2개에 토크를 인가하고, 중륜의 휠 각속도를 측정하여 좌측 휠과 우측 휠의 토크를 제어한다. 따라서 편경사 환경에서도 경사 아래 방향으로 미끄러지지 않고 안정적으로 선회할 수 있다.

본 논문에서는 제자리 선회 제어 알고리즘을 개발하고 시뮬레이션을 통해 이를 검증했다. 먼저 6WD 차량의 동역학 거동을 분석하기 위해 차량 평면 모델, 휠/타이어 모델을 분석했다. 그리고 분석한 결과를 통해 차량의 위치 변위를 최소화하는 휠의 요구 토크를 계산하여 제자

리 선회 제어 알고리즘을 개발했다. 제어 알고리즘에서 중륵의 휠 각속도 차이에 따른 좌측, 우측 휠의 휠 각속도를 결정하고 요구 토크를 계산했다. 마지막으로 시뮬레이션을 통해서 기존의 제자리 선회 방법과 개발한 알고리즘의 성능을 비교하고 분석했다. 시뮬레이션은 낮은 마찰계수와 높은 마찰계수의 10% 횡경사 환경에서 제자리 선회를 진행했다. 각각의 환경에서 차량의 변위를 분석하여 개발한 제자리 선회 제어 알고리즘을 통해 안정성이 향상된 것을 확인했다.

3. 차량 모델링

제자리 선회는 좌측 휠과 우측 휠에 반대 방향 토크를 인가하고 이로 인해 차량에 요 각속도가 발생하는 선회 방법이다. 따라서 제자리 선회 제어를 위해 평면 모델을 이용한 제어 알고리즘을 개발했다.

3.1 평면 모델

차량 모델은 3차원에 자유도가 높을수록 정확하지만 차량 제어 시 실시간 연산을 위해 차량 모델을 간소화하여 제어 알고리즘을 개발했다. 본 논문에서 차량 모델은 차량의 종방향 거동을 고려하지 않은 6자유도 평면 모델을 고려했다. 6륵 차량의 평면 모델은 Fig. 1과 같고 차량의 거동은 아래의 식으로 나타낼 수 있다.

$$ma_{x,CM} = F_{xfi} + F_{xmi} + F_{xri} \quad (1)$$

$$ma_{y,CM} = F_{yfi} + F_{ymi} + F_{yri}$$

$$I_z \dot{\gamma} = l_f F_{yfi} - l_m F_{ymi} - l_r F_{yri}$$

$$+ w_{fr} F_{xfr} + w_{mr} F_{xmr} + w_{rr} F_{xrr}$$

$$- w_{fl} F_{xfl} - w_{ml} F_{xml} - w_{rl} F_{xrl}$$

$$\{i = l, r\}$$

본 논문에서 개발한 제자리 선회 제어 알고리즘은 각 휠의 애커만 조향 없이 휠에 가해지는 종방향 토크를 통해 차량 중심의 요 각속도를 발생시킨다. 따라서 횡방향 힘과 횡방향 가속도의 값은 0이다. 또한 무게중심의 위치가 차량의 중앙에 위치하고 전륵, 중륵, 후륵의 윤거가 동일할 경우 아래의 식이 성립한다.

$$l_f = l_r, l_m = 0 \quad (2)$$

$$w_{fl} = w_{fr} = w_{ml} = w_{mr} = w_{rl} = w_{rr} = \frac{w}{2}$$

$$I_z \dot{\gamma} = \frac{w}{2} F_{xir} - \frac{w}{2} F_{xil}, \{i = f, m, r\}$$

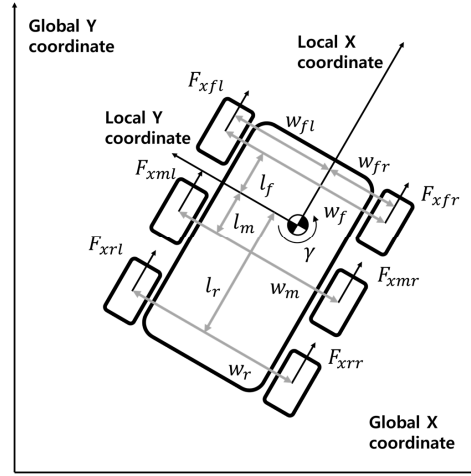


Fig. 1. Planar model diagram of 6 wheel vehicle

3.2 휠/타이어 모델

6WD 차량은 각 휠에 토크를 인가하여 구동한다. 차량은 타이어와 지면 사이의 힘에 의해서 움직인다. 휠이 회전하면 타이어와 지면이 슬립을 발생시키고 발생한 슬립률에 따라 타이어에 종방향 힘이 발생한다. 타이어의 종방향 힘은 타이어와 지면 사이의 슬립률과 타이어 강성계수의 곱으로 결정된다. 타이어의 종방향 힘과 타이어 슬립률은 아래의 수식으로 나타낼 수 있다.

$$F_x = C\sigma \quad (3)$$

$$\sigma = \frac{r_{eff}\omega - v_x}{v_x}$$

타이어와 지면 사이 미끄러짐이 커질수록 종방향 힘이 커지기 때문에 차량의 무게중심을 축으로 하는 모멘트가 커진다. 그리고 타이어 강성계수는 용수철의 강성계수와 같이 타이어 마다 다른 값을 갖는다. 타이어 강성계수가 클수록 작은 슬립률에서 큰 힘을 발생시킬 수 있다. 여기서 제자리 회전하는 동안 타이어 슬립률의 기준이 되는 종방향 속도는 Fig. 2로 도식화할 수 있다. 이 때, 타이어의 종방향 속도는 차량 중심과의 거리와 차량 중심의 요

각속도를 곱한 값과 같다. 타이어의 종방향 속도는 기하학적으로 아래 식과 같다.

$$V_x = \sqrt{l_i \cdot (w/2)^2} \cdot \gamma \quad (4)$$

$$V_x = V \cdot \frac{(w/2)}{\sqrt{l_i \cdot (w/2)^2}} = \gamma \cdot \left(\frac{w}{2} \right)$$

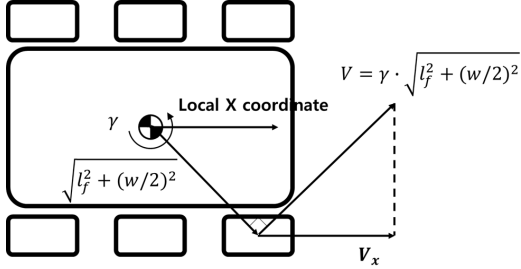


Fig. 2. Longitudinal velocity of tire

4. 제어 알고리즘

본 논문에서 제시한 제어 알고리즘은 두 개의 부분으로 구성된다. 첫째, 좌우 중륵의 휠 각속도 차이를 측정하여 경사 환경에서도 차량의 위치 변위를 유지할 수 있는 전륵과 후륵의 목표 휠 각속도를 계산하는 부분이다. 둘째, 계산된 목표 휠 각속도를 추종하기 위해 각 휠에 인가되는 토크를 계산하는 부분이다. 이 때 토크는 중륵을 제외한 전륵과 후륵에만 토크가 인가된다.

4.1 제자리 선회 알고리즘 개발

중륵에 토크를 인가하지 않을 경우 제자리 선회 중 차량 무게중심의 종방향 속도와 가속도는 아래와 같이 좌우 중륵의 휠 각속도로 나타낼 수 있다.

$$V_{x, CM} = \frac{r_{eff}\omega_{ml} + r_{eff}\omega_{mr}}{2} \quad (5)$$

$$a_{x, CM} = \frac{r_{eff}\dot{\omega}_{ml} + r_{eff}\dot{\omega}_{mr}}{2}$$

$$e_{\omega_m} = \omega_{ml} + \omega_{mr}$$

여기서 e_{ω_m} (휠 각속도 오차)는 좌우 중륵 휠 각속도의 합을 나타낸다. 차량 무게중심의 종방향 속도는 좌우 중륵

휠 각속도의 평균 값에 휠의 유효 반지름을 곱하여 구할 수 있다. 좌우 중륵 휠 각속도의 방향이 반대고 크기가 같을 경우 휠 각속도 오차는 0이 되므로 차량의 종방향 속도는 발생하지 않는다. 따라서 제자리 선회 중 차량의 위치 변위가 발생하지 않아 일정한 중심을 유지한 채 제자리 선회를 수행한다고 볼 수 있다. 그리고 양변을 미분하면 종방향 가속도를 휠의 각가속도에 대한 식으로 나타낼 수 있다. 식 (1)에 (3)과 (4)를 대입하고 (5)와 연결하면 아래의 식으로 정리할 수 있다.

$$\dot{\omega}_{ml} + \dot{\omega}_{mr} = \sum_i \frac{2C_i}{m} \left(\frac{\omega_i}{\gamma} - 1 \right) \quad (6)$$

$$\{i = fl, fr, rl, rr\}$$

전륵과 후륵의 휠 각속도에 따라 중륵의 휠가속도를 감소시킬 수 있다. 그러나 실제 차량 환경에서는 코너링 강성계수, 휠가속도를 측정하거나 제어에 활용하기 어렵다. 본 연구에서는 PI제어기를 설계하여 중륵 휠 각속도의 오차를 최소화하기 위한 전륵, 후륵의 휠 각속도를 결정했다. 각 휠에서 결정된 목표 휠 각속도를 추종하기 위해 PI제어를 통해 휠토크를 계산했다. 이 때 K_P 는 비례기 이득, K_I 는 적분기 이득을 나타내고 ω_{target} 과 T_{target} 는 각각 목표 휠 각속도와 목표 토크를 나타낸다.

$$\omega_{target, i} = (K_P, \omega \cdot e_{\omega_m}) + (K_I, \omega \cdot \int e_{\omega_m} dt) \quad (7)$$

$$T_{target, i} = (K_P, T \cdot e_{\omega_i}) + (K_I, T \cdot \int e_{\omega_i} dt)$$

$$e_{\omega_i} = \omega_i - \omega_{target, i}$$

$$\{i = fl, fr, rl, rr\}$$

4.2 기존 제자리 선회 제어 알고리즘

본 논문에서 개발한 제어 알고리즘을 검증하기 위해 기존 제자리 선회 제어 알고리즘과 비교했다. 기존 제자리 선회 제어 알고리즘은 중륵을 포함한 모든 차륵이 동일한 크기의 휠 각속도로 회전한다. 각각의 휠에 목표 휠 각속도를 추종하기 위한 토크는 PI제어를 통해 계산된다.

$$T_{target, i} = (K_P, T \cdot e_{\omega_i}) + (K_I, T \cdot \int e_{\omega_i} dt) \quad (8)$$

$$\{i = fl, fr, ml, mr, rl, rr\}$$

5. 시뮬레이션 환경

제어 알고리즘을 검증하기 위해 상용 프로그램을 통해 시뮬레이션을 진행했다. 차량모델은 2톤급 6WD 차량을 설계했고, 평지와 경사 환경에서 기존 제자리 선회 방식과 비교하여 개발한 제어 알고리즘의 성능을 분석했다.

5.1 차량 모델

차량 모델은 대칭적인 2톤급 6WD 차량을 설계했다. 차량의 설계변수는 아래와 같다. 타이어 모델은 비슷한 급의 시뮬레이션 프로그램에 내장된 타이어 모델을 사용했다.

Table 1. Vehicle parameter

Vehicle Parameter	Value	Units
m	2,000	kg
l_f	1,500	mm
l_m	0	mm
l_r	1,500	mm
w_f	2,000	mm
w_m	2,000	mm
w_r	2,000	mm
r_{eff}	500	mm
T_{max}	2,000	N·m

5.2 주행 환경

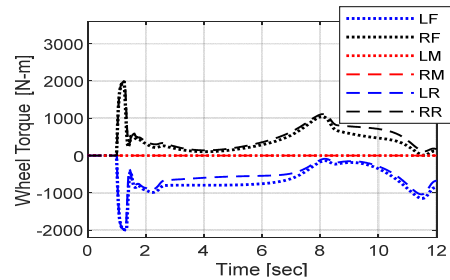
제자리 선회는 10% 횡경사 환경에서 시뮬레이션을 진행하여 검증했다. 비포장 도로와 포장 도로를 가정하여 노면의 마찰계수를 0.5와 1.0으로 설정했다. 기준이 되는 목표 휠 각속도는 100rpm으로 설정하여 주행했다.

6. 시뮬레이션 결과

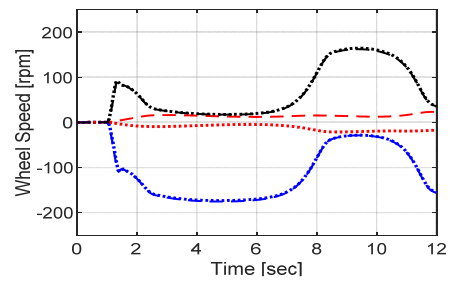
6.1 낮은 마찰계수 10% 횡경사 환경

Fig. 3은 낮은 마찰계수의 경사 환경에서 제자리 선회 시뮬레이션 결과를 나타낸다. (a)는 개발한 제어 알고리즘 차량의 각 휠에 인가되는 토크, (b)는 각 휠의 휠 각속도, (c)는 요 각속도를 나타낸다. 목표 휠 각속도의 크기가 낮아짐에 따라 요 각속도가 기존 제어 알고리즘 보다 낮게 나타난다. (d)는 제자리 선회 1회전 수행 시 차량의

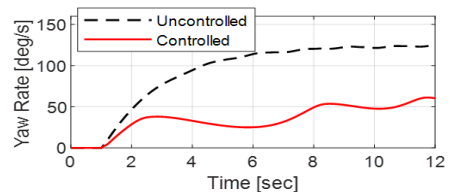
위치 변위를 나타낸다. 기존 제어 알고리즘으로 제자리 선회를 수행할 경우 차량의 위치 변위는 5.171 m 인 반면 개발한 제어 알고리즘으로 제자리 선회를 수행할 경우 1회전을 수행하는 동안 위치 변위는 0.332 m 로 기존 제어 알고리즘 대비 약 93.6% 감소했다.



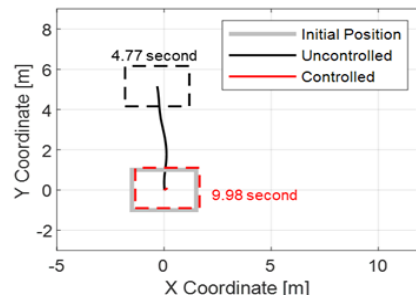
(a) Wheel torque



(b) Wheel speed



(c) Yaw rate



(d) Vehicle position (360 deg rotation)

Fig. 3. Vehicle states on low friction road (10% bank)

6.2 높은 마찰계수 10% 횡경사 환경

Fig. 4는 높은 마찰계수의 경사 환경에서 제자리 선회 시뮬레이션 결과를 나타낸다. (a)는 개발한 제어 알고리즘 차량의 각 휠에 인가되는 토크, (b)는 각 휠의 휠 각속도, (c)는 요 각속도를 나타낸다. (d)는 제자리 선회 1회전 수행 시 차량의 위치 변위를 나타낸다. 기존 제어 알고리즘으로 제자리 선회를 수행할 경우 차량의 위치 변위는 0.540 m 인 반면 개발한 제어 알고리즘으로 제자리 선회를 수행할 경우 1회전을 수행하는 동안 위치 변위는 0.146 m 로 기존 제어 알고리즘 대비 약 73.0% 감소했다.

시뮬레이션 결과는 Table 2에 정리했다. 1회전 수행 시 위치 변위가 클수록 제자리 선회를 진행하면서 차량이 원하지 않는 방향으로 이동함을 의미한다. 따라서 위치 변위가 5.171 m 일 경우 차량 2.5대의 폭 만큼 처음 자리에서 벗어남을 의미한다. 따라서 주행가능한 영역을 벗어나거나 절벽, 참호 등에 빠질 가능성이 있다. 개발한 제자리 선회 알고리즘으로 제자리 선회를 수행할 경우 위치 변위가 감소하여 낮은 마찰계수 환경과 높은 마찰계수 환경에서 안정성이 향상된 것을 확인할 수 있다.

Table 2. Simulation results

Simulation scenario		Displacement of C.G.	Time of 1 rotation
Low friction road (10% bank)	Uncontrolled model	5.171 m	4.77 s
	Controlled model	0.332 m	9.98 s
High friction road (10% bank)	Uncontrolled model	0.540 m	4.09 s
	Controlled model	0.146 m	6.72 s

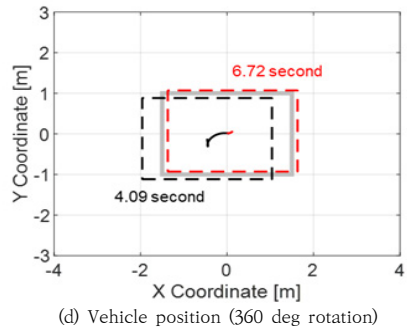
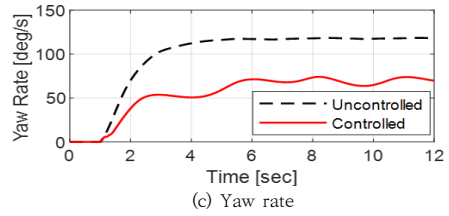
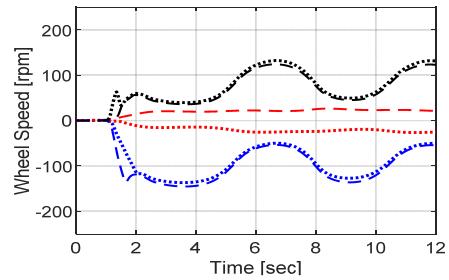
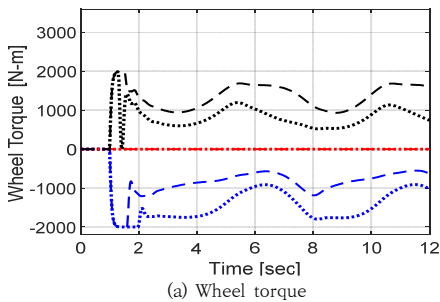


Fig. 4. Vehicle states on high friction road (10% bank)

7. 결론

본 논문에서는 6WD 차량의 제자리 선회 제어 알고리즘을 통해 경사 환경에서 제자리 선회 시 차량의 안정성을 확보할 수 있는 것을 확인했다. 제자리 선회와 관련된 방법이 제시되었지만 이에 대한 검증은 진행되지 않았다. 차량 모델링을 통해 제어 알고리즘을 개발하고 시뮬레이션을 통해 기존 제자리 선회 방법과 비교하여 결과를 분석했다. 횡경사 환경에서 제자리 선회 시 차량이 미끄러져 내려가는 거리가 감소했고 이를 통해 안정성이 확보됨을 확인했다. 본 논문에서 제시한 제자리 선회 제어 알고리즘은 중륵의 휠 각속도 차이를 측정하여 경사 환경에서도 차량의 위치 변위를 안정적으로 유지할 수 있었다.

그러나 1회전 수행 시간이 기존 제어 알고리즘 대비 증가했다. 민간 승용 차량이 좁은 경로 주행, 주차 등의 환경에서 제자리 선회를 할 경우 1회전 수행 시간에 대한 중요성이 낮지만 군용차량은 필요시 긴급한 제자리 선회가 요구하다. 따라서 안정성과 기동성을 확보한 제자리 선회 제어 방법과 이에 대한 검증 등의 추가 연구가 필요하다.

중륵의 휠 각속도만을 이용하여 제어했기 때문에 차량의 위치와 경사를 측정할 수 있는 센서를 추가하여 추가 연구를 진행한다면 제자리 선회 제어 알고리즘의 성능이 향상될 수 있다. 군용차량의 경우 8WD 구동방식을 채택하는 경우도 있으므로 8WD 차량에 적용할 수 있는 제자리 선회 제어 알고리즘 개발이 필요하다.

References

- [1] W. G. Kim, J. Y. Kang, K. S. Yi, J. S. Lee, "Development of Autonomous Control Algorithm and Verification Test for a 6WD/6WS Vehicle", *Proceedings of the KSME 2009 Fall Annual Meeting*, KSME, Seoul, Korea, pp.754-759, November 2009. DOI: <https://dx.doi.org/10.4271/2011-01-0262>
- [2] M. S. Kim, D. H. Kim, "Development of Coxial Reversing Driving Mechanism of 4WS, 4WD Structure Copable of Spining and Crab Driving", *Proceedings of the KSME 2018 Fall Annual Meeting*, KSME, Seoul, Korea, pp.53-54, May. 2018.
- [3] S. H. Kim, C. J. Kim, C. S. Han, K. H. Han, H. C. Lee, "Improvement of Hill Climbing Ability for 6WD/6WS Vehicle using Optimum Tire Force Distribution Method", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.12, No.4 pp.1523-1531, Apr. 2011. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2011.12.4.1523>
- [4] K. H. Han, H. C. Lee, "Determination of Steering Ratio of Remote Driving 6-Wheeled Vehicles Using Dynamic Analysis", *Transaction of the Korean Society of Automotive Engineers*, Vol.30, No.5, pp.405-415, 2022. DOI: <https://doi.org/10.7467/KSAE.2022.30.5.405>
- [5] T. W. Kang, K. H. Park, J. W. Kim, S. W. Kang, J. G. Kim, "A Study on the Haptic Control Technology for", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.19, No.12 pp.910-917, Dec. 2018. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.12.910>
- [6] W. S. Kim, J. T. Hong, D. O Lee, S. T. Yeo, "A Study on Steering performance using various independent steering modes with Steer-by-wire system", *KSAE 2012 Annual Conference and Exhibition*, KSAE, Gyeonggi, Korea, pp.2639-2644, November 2012.

- [7] K. J. Ann, G. C. Lim, *Control method of pivot steering for 6 wheel drive vehicle*, KIPO, Korea, 2021. DOI: <https://doi.org/10.8080/1020190143713>
- [8] J. Y. Choi, *A study on the Motion Control Algorithm of a 6WD Skid Steering Vehicle on Superelevation road*, Master's thesis, Hanyang University, Seoul, Korea, pp19-22, 2014.

안 국 진(Kookjin Ann)

[정회원]



- 2019년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학석사)
- 2019년 3월 ~ 2020년 9월 : 국방과학연구소 연구원
- 2020년 9월 ~ 2022년 8월 : 삼성전자 연구원
- 2022년 9월 ~ 현재 : 국방기술진흥연구소 연구원

<관심분야>

기계공학, 동역학, 제어공학