



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년12월21일
(11) 등록번호 10-2341112
(24) 등록일자 2021년12월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B60W 10/20 (2006.01) B60W 50/00 (2006.01)
B60W 50/08 (2020.01) B60W 60/00 (2020.01)
G05D 1/00 (2006.01) G05D 1/02 (2020.01)
(52) CPC특허분류
B60W 10/20 (2013.01)
B60W 50/082 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0049327
(22) 출원일자 2020년04월23일
심사청구일자 2020년06월08일
(65) 공개번호 10-2021-0131495
(43) 공개일자 2021년11월03일
(56) 선행기술조사문헌
JP2017206252 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
현대모비스 주식회사
서울특별시 강남구 테헤란로 203 (역삼동)
(72) 발명자
김태홍
경기도 용인시 기흥구 마북로240번길 17-2
(74) 대리인
특허법인아주

전체 청구항 수 : 총 14 항

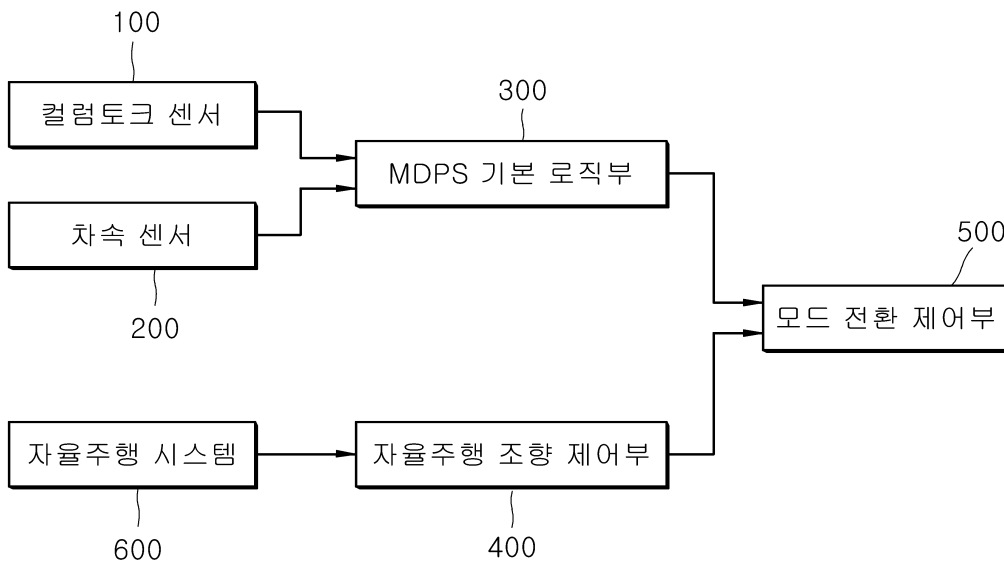
심사관 : 오현철

(54) 발명의 명칭 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 장치 및 방법에 관한 것으로서, 차량의 스티어링 컬럼에 인가되는 컬럼토크 및 차량의 차속에 기초하여, 운전자의 수동 운전 모드에서 MDPS(Motor Driven Power Steering) 모터를 구동하기 위한 제1 보조 지령전류를 결정하는 MDPS 기본 로직부, 차량의 자율 주행 모드에서 MDPS 모터를 구동하기 위한 제2 보조 지령전류를 결정하는 자율주행 조향 제어부, 및 차량의 자율 주행 모드에서 컬럼토크에 대응하여 가변적으로 결정되는 가변 기준시간을 이용하여 운전자의 조타 개입을 판단하고, 컬럼토크에 근거하여 자율 주행 모드로부터 수동 운전 모드로의 모드 전환 시간을 결정하며, 모드 전환 시간이 반영된 가중치를 제1 및 제2 보조 지령전류에 적용하여, 자율 주행 모드로부터 수동 운전 모드로의 전환 시 MDPS 모터를 구동하기 위한 최종 보조 지령전류를 결정하는 모드 전환 제어부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B60W 60/001 (2020.02)
B62D 5/046 (2013.01)
G05D 1/0061 (2013.01)
G05D 1/0088 (2013.01)
G05D 1/021 (2013.01)
B60W 2050/0022 (2013.01)
B60W 2050/0052 (2013.01)
B60W 2510/202 (2013.01)
B60W 2540/18 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

JP6380721 B1
W02016199839 A1*
JP11078940 A
JP2004352001 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

차량의 스티어링 컬럼에 인가되는 컬럼토크 및 상기 차량의 차속에 기초하여, 운전자의 수동 운전 모드에서 MDPS(Motor Driven Power Steering) 모터를 구동하기 위한 제1 보조 지령전류를 결정하는 MDPS 기본 로직부;

상기 차량의 자율 주행 모드에서 상기 MDPS 모터를 구동하기 위한 제2 보조 지령전류를 결정하는 자율주행 조향 제어부; 및

상기 차량의 자율 주행 모드에서 상기 컬럼토크에 대응하여 가변적으로 결정되는 가변 기준시간을 이용하여 상기 운전자의 조타 개입을 판단하고, 상기 컬럼토크에 근거하여 상기 자율 주행 모드로부터 상기 수동 운전 모드로의 모드 전환 시간을 결정하며, 상기 모드 전환 시간이 반영된 가중치를 상기 제1 및 제2 보조 지령전류에 적용하여, 상기 자율 주행 모드로부터 상기 수동 운전 모드로의 전환 시 상기 MDPS 모터를 구동하기 위한 최종 보조 지령전류를 결정하는 모드 전환 제어부;

를 포함하고,

상기 모드 전환 제어부는, 상기 컬럼토크가 미리 설정된 기준토크 이상인 상태가 상기 가변 기준시간 이상 유지되는 경우 상기 운전자의 조타 개입이 발생한 것으로 판단하되, 상기 컬럼토크가 클수록 상기 가변 기준시간을 더 작은 값으로 결정하고,

상기 모드 전환 제어부는, 상기 운전자의 조타 개입이 발생한 것으로 판단된 시점에서의 컬럼토크인 결정 컬럼토크에 근거하여 상기 모드 전환 시간을 결정하되, 상기 결정 컬럼토크의 영역 중 적어도 부분적으로는 상기 결정 컬럼토크가 클수록 상기 모드 전환 시간을 더 작은 값으로 결정하는 것을 특징으로 하는 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 모드 전환 제어부는, 상기 가중치를 상기 제1 및 제2 보조 지령전류에 각각 상보적으로 적용하여 상기 최종 보조 지령전류를 결정하되, 상기 가중치가 낮은 값으로부터 높은 값을 가질수록, 상기 제2 보조 지령전류로부터 상기 제1 보조 지령전류에 가까워지도록 상기 최종 보조 지령전류를 결정하는 것을 특징으로 하는 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 가중치는 상기 모드 전환 시간을 인자로 하여 미리 설정된 하한값 이상 및 미리 설정된 상한값 이하의 범위에서 변화함에 따라, 상기 모드 전환 제어부는 상기 자율 주행 모드로부터 상기 수동 운전 모드로의 전환을 상기 모드 전환 시간 이내에 완료하는 것을 특징으로 하는 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 모드 전환 제어부는, 상기 차량의 스티어링 휠의 조향각 가속도에 따라 결정되며, 상기 차량에 장착된 MDPS 시스템의 기구적 메커니즘에 따라 야기되는 공진 주파수를 포함하도록 결정되는 주파수 대역에서 상기 킬럼토크를 필터링하고, 상기 필터링된 킬럼토크를 기반으로 상기 운전자의 조타 개입을 판단하는 것을 특징으로 하는 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 자율주행 조향 제어부는, 상기 차량의 주행 환경을 통해 결정되는 지령 조향각을 기반으로 PID(Proportional Integral Differential) 제어를 통해 상기 MDPS 모터의 위치 제어를 수행하는 방식으로 상기 제2 보조 지령전류를 결정하되, 상기 지령 조향각의 각속도에 따라 가변적으로 결정되는 차단 주파수를 갖는 가변 HPF(High Pass Filter)와, 상기 PID 제어의 위치 제어 게인 및 미분 파라미터를 토대로 산출되는 D(Differential) 제어 게인을 이용하여 상기 제2 보조 지령전류를 결정하는 것을 특징으로 하는 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 모드 전환 제어부는, 상기 차량의 주행 환경을 통해 결정되는 지령 조향각의 각가속도에 따라, 상기 킬럼토크 및 상기 가변 기준시간을 기반으로 하는 상기 운전자의 조타 개입의 판단을 제한하는 제한 프로세스를 수행하는 것을 특징으로 하는 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 모드 전환 제어부는, 상기 지령 조향각의 각가속도가 클수록 상기 가변 기준시간을 증가시키는 방식, 또는 상기 지령 조향각의 각가속도가 미리 설정된 기준치 이상인 경우에는 상기 킬럼토크 및 상기 가변 기준시간을 기반으로 하는 상기 운전자의 조타 개입의 판단을 중지하는 방식을 이용하여 상기 제한 프로세스를 수행하는 것을 특징으로 하는 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 장치.

청구항 10

모드 전환 제어부가, 차량의 자율 주행 모드에서 상기 차량의 스티어링 킬럼에 인가되는 킬럼토크에 대응하여 가변적으로 결정되는 가변 기준시간을 토대로 운전자의 조타 개입이 발생하였는지 여부를 판단하는 단계;

상기 운전자의 조타 개입이 발생한 것으로 판단된 경우, 상기 모드 전환 제어부가, 상기 킬럼토크에 근거하여 상기 자율 주행 모드로부터 상기 운전자의 수동 운전 모드로의 모드 전환 시간을 결정하는 단계; 및

상기 모드 전환 제어부가, 상기 모드 전환 시간이 반영된 가중치를 제1 및 제2 보조 지령전류에 적용하여, 상기 자율 주행 모드로부터 상기 수동 운전 모드로의 전환 시 상기 MDPS 모터를 구동하기 위한 최종 보조 지령전류를 결정하는 단계로서, 상기 제1 및 제2 보조 지령전류는 각각 상기 수동 운전 모드 및 상기 자율 주행 모드에서 MDPS(Motor Driven Power Steering) 모터를 구동하기 위한 전류인, 단계;

를 포함하고,

상기 판단하는 단계에서, 상기 모드 전환 제어부는,

상기 컬럼토크가 미리 설정된 기준토크 이상인 상태가 상기 가변 기준시간 이상 유지되는 경우 상기 운전자의 조타 개입이 발생한 것으로 판단하되, 상기 컬럼토크가 클수록 상기 가변 기준시간을 더 작은 값으로 결정하고, 상기 모드 전환 시간을 결정하는 단계에서, 상기 모드 전환 제어부는,

상기 운전자의 조타 개입이 발생한 것으로 판단된 시점에서의 컬럼토크인 결정 컬럼토크에 근거하여 상기 모드 전환 시간을 결정하되, 상기 결정 컬럼토크의 영역 중 적어도 부분적으로는 상기 결정 컬럼토크가 클수록 상기 모드 전환 시간을 더 작은 값으로 결정하는 것을 특징으로 하는 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 최종 보조 지령전류를 결정하는 단계에서, 상기 모드 전환 제어부는,

상기 가중치를 상기 제1 및 제2 보조 지령전류에 각각 상보적으로 적용하여 상기 최종 보조 지령전류를 결정하되, 상기 가중치가 낮은 값으로부터 높은 값을 가질수록, 상기 제2 보조 지령전류로부터 상기 제1 보조 지령전류에 가까워지도록 상기 최종 보조 지령전류를 결정하는 것을 특징으로 하는 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 가중치는 상기 모드 전환 시간을 인자로 하여 미리 설정된 하한값 이상 및 미리 설정된 상한값 이하의 범위에서 변화함에 따라, 상기 모드 전환 제어부는 상기 자율 주행 모드로부터 상기 수동 운전 모드로의 전환을 상기 모드 전환 시간 이내에 완료하는 것을 특징으로 하는 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 방법.

청구항 15

제10항에 있어서,

상기 판단하는 단계에서, 상기 모드 전환 제어부는,

상기 차량의 스티어링 휠의 조향각 가속도에 따라 결정되며, 상기 차량에 장착된 MDPS 시스템의 기구적 메커니즘에 따라 야기되는 공진 주파수를 포함하도록 결정되는 주파수 대역에서 상기 컬럼토크를 필터링하고, 상기 필터링된 컬럼토크를 기반으로 상기 운전자의 조타 개입을 판단하는 것을 특징으로 하는 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 방법.

청구항 16

제10항에 있어서,

상기 제2 보조 지령전류는, 상기 차량의 주행 환경을 통해 결정되는 지령 조향각을 기반으로 PID(Proportional Integral Differential) 제어를 통해 상기 MDPS 모터의 위치 제어가 수행되는 방식으로 결정되되, 상기 지령 조향각의 각속도에 따라 가변적으로 결정되는 차단 주파수를 갖는 가변 HPF(High Pass Filter)와, 상기 PID 제어의 위치 제어 게인 및 미분 파라미터를 토대로 산출되는 D(Differential) 제어 게인이 고려되어 상기 제2 보조

지령전류가 결정되는 것을 특징으로 하는 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 방법.

청구항 17

제10항에 있어서,

상기 판단하는 단계에서, 상기 모드 전환 제어부는,

상기 차량의 주행 환경을 통해 결정되는 지령 조향각의 각가속도에 따라, 상기 킥토크 및 상기 가변 기준시간을 기반으로 하는 상기 운전자의 조타 개입의 판단을 제한하는 제한 프로세스를 수행하는 것을 특징으로 하는 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 판단하는 단계에서, 상기 모드 전환 제어부는,

상기 지령 조향각의 각가속도가 클수록 상기 가변 기준시간을 증가시키는 방식, 또는 상기 지령 조향각의 각가속도가 미리 설정된 기준치 이상인 경우에는 상기 킥토크 및 상기 가변 기준시간을 기반으로 하는 상기 운전자의 조타 개입의 판단을 중지하는 방식을 이용하여 상기 제한 프로세스를 수행하는 것을 특징으로 하는 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 차량의 자율 주행 모드 및 수동 운전 모드를 고려하여 MDPS 모터를 제어하는 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 차량의 파워 스티어링은 동력에 따른 조향 장치로, 운전자의 스티어링 휠 조작을 돕는 역할을 한다. 이러한 파워 스티어링은 유압을 이용하는 방식이 주로 사용되고 있었으나, 최근에는 모터의 힘을 이용하는 방식인 전동식 파워 스티어링(MDPS: Motor Driven Power Steering) 시스템의 사용이 늘어나고 있다. MDPS 시스템은 기존의 유압식 파워 스티어링 시스템과 대비하여 무게가 가볍고, 공간을 적게 차지하며, 오일교환이 필요 없다는 장점이 존재하기 때문이다.

[0004] MDPS 시스템은 조향휠에 입력되는 운전자의 조향토크를 측정하는 토크센서, 조향휠의 조향각 또는 조향각속도를 측정하는 조향각센서, 및 차속을 측정하는 차속센서 등을 통해 차량의 주행 조건을 판단하고, 운전자가 조향휠을 조타함에 따라 조향축에 인가되는 조향토크에 근거하여 전동모터를 통해 보조토크를 제공한다.

[0005] 한편, 자율 주행 차량은 그 자율 주행 모드에서 자율 주행 모듈(카메라 센서, 레이더 센서, 라이다 센서 등)을 통해 주행중인 도로 환경을 인식하고 MDPS 시스템의 동작에 필요한 지령 조향각 및 지령 토크를 결정함으로써 자율 주행 차량에 적용된 MDPS 시스템의 동작을 제어한다.

[0006] 이때, 자율 주행 모듈에 갑작스런 고장이 발생하거나, 긴급 회피 주행을 위한 수동 조향이 요구되는 상황 등 운전자가 필요에 따라 조향휠을 잡고 의지에 따라 조타를 해야하는 상황이 발생할 수 있다. 이 경우, 종래의 MDPS 시스템은 조향토크가 일정 수준 이상인 상태가 일정 시간 이상 유지되는 경우 운전자의 조타 개입이 발생한 것으로 판단하여 자율 주행 모드를 해지하도록 동작하였다. 그러나, 종래의 운전자의 조타 개입 판단 방법은 운전자에 의해 인가된 조향토크에 무관하게 무조건적으로 일정 시간이 유지되어야 하는 제약이 있어, 급조타 시 신속한 자율 주행 모드의 해지 및 수동 운전 모드로의 진입이 불가능한 한계가 존재한다.

[0007] 나아가, 운전자가 강제로 조향휠을 조타함에도 불구하고 자율 주행 모듈에 따른 MDPS의 위치제어가 계속 수행될 경우, 운전자가 의도한대로 차량의 제어가 이루어지지 않아 큰 사고가 야기될 수 있어, 종래에는 킥토크의 크

기, 또는 조향각 센서와 모터각 센서의 위상차 변동량을 통해 운전자의 조타 의지를 판단하는 방법이 고려되었다. 다만, 이 경우에도 자율 주행 모드에 따른 MDPS의 위치 제어가 수행되는 과정에서 갑작스런 운전자의 조타가 발생함으로써 인해 모터 제어 전류가 크게 변화되어 운전자의 조향 이질감이 유발될 수 있다. 즉, 자율 주행 모드로부터 수동 운전 모드로의 모드 전환 시, 각 모드 제어 상황에서의 출력 차이로 인해 순간적인 제어 안정성이 떨어지게 되며, 이는 차량의 거동 이상이나 스티어링 진동 등의 이질감으로 이어질 수 있게 된다.

[0008] 본 발명의 배경기술은 대한민국 공개특허공보 제10-2017-0065793호(2017. 06. 14. 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로서, 본 발명의 일 측면에 따른 목적은 자율 주행 모드로부터 수동 운전 모드로의 모드 전환 시, 무조건적으로 일정 시간이 소요되어야만 했던 종래의 MDPS 시스템의 문제점을 개선하여 급조타 시 신속한 자율 주행 모드의 해지 및 수동 운전 모드로의 진입을 가능하게 함과 동시에, 각 모드 제어 상황에서의 출력 차이로 인해 발생하는 MDPS에 대한 순간적인 제어 안정성 감소 문제, 및 차량의 거동 이상이나 스티어링 진동 등의 이질감 발생 문제를 제거할 수 있는 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 측면에 따른 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 장치는 차량의 스티어링 컬럼에 인가되는 컬럼 토크 및 상기 차량의 차속에 기초하여, 운전자의 수동 운전 모드에서 MDPS(Motor Driven Power Steering) 모터를 구동하기 위한 제1 보조 지령전류를 결정하는 MDPS 기본 로직부, 상기 차량의 자율 주행 모드에서 상기 MDPS 모터를 구동하기 위한 제2 보조 지령전류를 결정하는 자율주행 조향 제어부, 및 상기 차량의 자율 주행 모드에서 상기 컬럼토크에 대응하여 가변적으로 결정되는 가변 기준시간을 이용하여 상기 운전자의 조타 개입을 판단하고, 상기 컬럼토크에 근거하여 상기 자율 주행 모드로부터 상기 수동 운전 모드로의 모드 전환 시간을 결정하며, 상기 모드 전환 시간이 반영된 가중치를 상기 제1 및 제2 보조 지령전류에 적용하여, 상기 자율 주행 모드로부터 상기 수동 운전 모드로의 전환 시 상기 MDPS 모터를 구동하기 위한 최종 보조 지령전류를 결정하는 모드 전환 제어부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 발명에 있어 상기 모드 전환 제어부는, 상기 컬럼토크가 미리 설정된 기준토크 이상인 상태가 상기 가변 기준시간 이상 유지되는 경우 상기 운전자의 조타 개입이 발생한 것으로 판단하되, 상기 컬럼토크가 클수록 상기 가변 기준시간을 더 작은 값으로 결정하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 본 발명에 있어 상기 모드 전환 제어부는, 상기 운전자의 조타 개입이 발생한 것으로 판단된 시점에서의 컬럼토크인 결정 컬럼토크에 근거하여 상기 모드 전환 시간을 결정하되, 상기 결정 컬럼토크의 영역 중 적어도 부분적으로는 상기 결정 컬럼토크가 클수록 상기 모드 전환 시간을 더 작은 값으로 결정하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 본 발명에 있어 상기 모드 전환 제어부는, 상기 가중치를 상기 제1 및 제2 보조 지령전류에 각각 상보적으로 적용하여 상기 최종 보조 지령전류를 결정하되, 상기 가중치가 낮은 값으로부터 높은 값을 가질수록, 상기 제2 보조 지령전류로부터 상기 제1 보조 지령전류에 가까워지도록 상기 최종 보조 지령전류를 결정하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 본 발명에 있어 상기 가중치는 상기 모드 전환 시간을 인자로 하여 미리 설정된 하한값 이상 및 미리 설정된 상한값 이하의 범위에서 변화함에 따라, 상기 모드 전환 제어부는 상기 자율 주행 모드로부터 상기 수동 운전 모드로의 전환을 상기 모드 전환 시간 이내에 완료하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 본 발명에 있어 상기 모드 전환 제어부는, 상기 차량의 스티어링 휠의 조향각 가속도에 따라 결정되며, 상기 차량에 장착된 MDPS 시스템의 기구적 메커니즘에 따라 야기되는 공진 주파수를 포함하도록 결정되는 주파수 대역에서 상기 컬럼토크를 필터링하고, 상기 필터링된 컬럼토크를 기반으로 상기 운전자의 조타 개입을 판단하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 본 발명에 있어 상기 자율주행 조향 제어부는, 상기 차량의 주행 환경을 통해 결정되는 지령 조향각을 기반으로 PID(Proportional Integral Differential) 제어를 통해 상기 MDPS 모터의 위치 제어를 수행하는 방식으로 상기 제2 보조 지령전류를 결정하되, 상기 지령 조향각의 각속도에 따라 가변적으로 결정되는 차단 주파수를 갖는 가변 HPF(High Pass Filter)와, 상기 PID 제어의 위치 제어 게인 및 미분 파라미터를 토대로 산출되는

D(Differential) 제어 계인을 이용하여 상기 제2 보조 지령전류를 결정하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 본 발명에 있어 상기 모드 전환 제어부는, 상기 차량의 주행 환경을 통해 결정되는 지령 조향각의 각가속도에 따라, 상기 킬림토크 및 상기 가변 기준시간을 기반으로 하는 상기 운전자의 조타 개입의 판단을 제한하는 제한 프로세스를 수행하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 본 발명에 있어 상기 모드 전환 제어부는, 상기 지령 조향각의 각가속도가 클수록 상기 가변 기준시간을 증가시키는 방식, 또는 상기 지령 조향각의 각가속도가 미리 설정된 기준치 이상인 경우에는 상기 킬림토크 및 상기 가변 기준시간을 기반으로 하는 상기 운전자의 조타 개입의 판단을 중지하는 방식을 이용하여 상기 제한 프로세스를 수행하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 본 발명의 일 측면에 따른 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 방법은 모드 전환 제어부가, 차량의 자율 주행 모드에서 상기 차량의 스티어링 킬림에 인가되는 킬림토크에 대응하여 가변적으로 결정되는 가변 기준시간을 토대로 운전자의 조타 개입이 발생하였는지 여부를 판단하는 단계, 상기 운전자의 조타 개입이 발생한 것으로 판단된 경우, 상기 모드 전환 제어부가, 상기 킬림토크에 근거하여 상기 자율 주행 모드로부터 상기 운전자의 수동 운전 모드로의 모드 전환 시간을 결정하는 단계, 및 상기 모드 전환 제어부가, 상기 모드 전환 시간이 반영된 가중치를 제1 및 제2 보조 지령전류에 적용하여, 상기 자율 주행 모드로부터 상기 수동 운전 모드로의 전환 시 상기 MDPS 모터를 구동하기 위한 최종 보조 지령전류를 결정하는 단계로서, 상기 제1 및 제2 보조 지령전류는 각각 상기 수동 운전 모드 및 상기 자율 주행 모드에서 MDPS(Motor Driven Power Steering) 모터를 구동하기 위한 전류인, 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0023] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 자율 주행 모드로부터 수동 운전 모드로의 모드 전환 시, 킬림토크에 따라 능동적으로 가변되는 가변 기준시간을 이용하여 운전자의 조타 개입을 판단함으로써 급조타 시 신속한 자율 주행 모드의 해지 및 수동 운전 모드로의 진입을 가능하게 할 수 있고, 모드 전환에 소요되는 시간이 반영된 소정의 가중치를 통해 MDPS 모터의 구동을 위한 보조 지령전류를 최적 결정하여 MDPS 모터의 구동을 제어함으로써, 모드 전환 시 MDPS에 대한 제어 안정성을 확보할 수 있고 차량의 거동 이상이나 스티어링 진동 등의 이질감을 저감시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 장치를 설명하기 위한 블록구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 장치의 세부 구성을 설명하기 위한 블록구성도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 장치 및 방법의 실시예를 설명한다. 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다. 또한, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 장치를 설명하기 위한 블록구성도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 장치의 세부 구성을 설명하기 위한 블록구성도이다.

[0028] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 장치는 킬림토크 센서(100), 차속 센서(200), MDPS 기본 로직부(300), 자율주행 조향 제어부(400) 및 모드 전환 제어부(500)를 포함할 수 있다.

[0029] 킬림토크 센서(100)는 차량의 스티어링 킬림에 인가되는 킬림토크(T)를 검출하여 후술할 MDPS 기본 로직부(300) 및 모드 전환 제어부(500)로 전달할 수 있다. 스티어링 킬림에 인가되는 킬림토크(T)에는 운전자에 의해 인가되

는 킬림토크 뿐만 아니라, 차량에 장착된 MDPS 시스템의 기구적 메커니즘에 따라 야기되는 공진 주파수 영역에서의 킬림토크 등 운전자가 의도하지 않은 상황에서 발생하는 노이즈성의 킬림토크가 포함되어 있을 수 있다. 상기와 같은 노이즈성 킬림토크는 후술하는 필터부를 통해 필터링(제거)될 수 있다.

[0030] 차속 센서(200)는 차량의 차속(V)을 검출할 수 있다. 차속 센서(200)로는 차량의 회전속도를 이용하여 차속을 검출하는 센서, 엔진 회전수(RPM: Revolution Per Minute)를 측정하여 차속을 검출하는 센서, GPS(Global Positioning System)를 이용하여 차속을 검출하는 센서 등 다양한 센서가 모두 포함될 수 있다.

[0031] MDPS 기본 로직부(300)는 킬림토크 센서(100) 및 차속 센서(200)에 의해 각각 검출된 킬림토크(T) 및 차속(V)에 기초하여, 운전자의 수동 운전 모드(또는 수동 조향 모드)에서 MDPS(Motor Driven Power Steering) 모터를 구동하기 위한 제1 보조 지령전류(Iref_A)를 결정할 수 있다. MDPS 기본 로직부(300)는 킬림토크(T) 및 차속(V)에 대하여 부스트 커브를 적용하는 방식으로 수동 운전 모드에서 MDPS 모터를 구동하기 위한 제1 보조 지령전류(Iref_A)를 결정할 수 있으며, 이를 위해 MDPS 기본 로직부(300)는 부스트 커브를 이용하여 킬림토크(T) 및 차속(V)에 따른 보조 지령전류값을 산출하는 MDPS 로직부, 및 산출된 보조 지령전류값에 따른 제1 보조 지령전류(Iref_A)를 생성하여 MDPS 모터를 제어하는 모터 제어부를 포함할 수 있다.

[0032] 자율주행 조향 제어부(400)는 자율 주행 모드에서 MDPS 모터를 구동하기 위한 제2 보조 지령전류(Iref_B)를 결정할 수 있다. 자율주행 조향 제어부(400)는 차량에 장착된 센서(예: 레이더 센서, 카메라 센서, 라이다 센서 등)에 의해 검출되는 차량의 주행 환경을 기반으로 차량의 자율 주행 시스템(600)에 의해 결정되는 지령 조향각(Θ_{ref})과, 차속 센서(200)에 의해 검출되는 차속(V)과, 조향각 센서(미도시)로부터의 차량의 현재 조향각(Θ_v)에 기초하여 자율 주행 모드에서 MDPS 모터를 구동하기 위한 제2 보조 지령전류(Iref_B)를 결정할 수 있다. 자율주행 조향 제어부(400)는 지령 조향각(Θ_{ref})을 기반으로 PID(Proportional Integral Differential) 제어를 통해 MDPS 모터의 위치 제어를 수행하는 방식으로 상기 제2 보조 지령전류(Iref_B)를 결정할 수 있으며, 이를 위해 자율주행 조향 제어부(400)는 같이 자율 주행 모드에서 MDPS 모터의 위치 및 속도를 제어하기 위한 위치 제어기 및 속도 제어기를 포함할 수 있다.

[0033] 모드 전환 제어부(500)는 차량의 자율 주행 모드에서 킬림토크(T)에 대응하여 가변적으로 결정되는 가변 기준시간을 이용하여 운전자의 조타 개입을 판단하고, 킬림토크(T)에 근거하여 자율 주행 모드로부터 수동 운전 모드로의 모드 전환 시간을 결정하며, 모드 전환 시간이 반영된 가중치를 제1 및 제2 보조 지령전류(Iref_A, Iref_B)에 적용하여, 자율 주행 모드로부터 수동 운전 모드로의 전환 시 MDPS 모터를 구동하기 위한 최종 보조 지령전류(Iref_final)를 결정할 수 있다.

[0034] 이하에서는 모드 전환 제어부(500)의 동작을, 운전자의 조타 개입을 판단하는 구성과 최종 보조 지령 전류를 결정하여 자율 주행 모드로부터 수동 운전 모드로 전환하는 구성을 중심으로 구체적으로 설명한다.

[0036] **1. 운전자의 조타 개입 판단**

[0037] 앞서 언급한 것과 같이 종래의 MDPS 시스템은 킬림토크(T)가 일정 수준 이상인 상태가 일정 시간 이상 유지된 경우 운전자의 조타 개입이 발생한 것으로 판단하여 자율 주행 모드를 해지하도록 동작하였으며, 이에 따라 운전자에 의해 인가된 킬림토크의 크기에 무관하게(즉, 수동 조타의 긴급도와 무관하게) 무조건적으로 일정 시간이 유지되어야 하는 제약이 있어, 일정 시간 동안은 수동 조향이 되지 않아 운전자의 입장에서 큰 걸림감 내지 이질감을 느끼게 되고 급조타 시 신속한 자율 주행 모드의 해지 및 수동 운전 모드로의 진입이 불가능한 한계가 존재하였다.

[0038] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 수단으로서, 본 실시예에서는 차량의 자율 주행 모드에서 킬림토크(T)에 대응하여 가변적으로 결정되는 가변 기준시간을 이용하여 운전자의 조타 개입을 판단하는 구성을 채용한다.

[0039] 구체적으로, 모드 전환 제어부(500)는 킬림토크(T)가 미리 설정된 기준토크 이상인 상태가 가변 기준시간 이상 유지되는 경우 운전자의 조타 개입이 발생한 것으로 판단할 수 있으며, 이때 가변 기준시간은 킬림토크(T)가 클수록 더 작은 값으로 결정될 수 있다(여기서, 상기 기준토크는 운전자의 조타 의지가 있는지 여부를 판단하기 위해 기준이 되는 값으로서, MDPS 시스템의 사양 및 설계자의 의도에 따라 미리 설계되어 모드 전환 제어부(500)에 미리 설정되어 있을 수 있다).

[0040] 즉, 킬림토크(T)가 클수록 운전자의 긴급 조타 의도가 있는 상황에 해당하는 것으로 볼 수 있으며, 이 경우 조타 개입 판정에 소요되는 시간을 단축시켜 신속하게 수동 운전 모드로 전환할 필요가 있으므로, 모드 전환 제어부(500)는 조타 개입 판정에 소요되는 시간으로 기능하는 기준시간을 가변시키도록 동작할 수 있다. 이에 따라, 모드 전환 제어부(500)는 도 2에 도시된 것과 같이 킬림토크(T)가 클수록 가변 기준시간(@)을 더 작은 값으로

결정하고, 마찬가지로 킬림토크(T)가 작을수록 가변 기준시간(@)을 더 큰 값으로 결정함으로써, 긴급 조타 조건에서 신속한 수동 운전 모드로의 전환이 가능하도록 할 수 있다. 예를 들어, 모드 전환 제어부(500)는 하기 표 1과 같은 킬림토크(T) 및 가변 기준시간 간의 맵핑 테이블(또는 그래프), 또는 킬림토크(T)에 대한 가변 기준시간의 함수 등, 킬림토크(T) 및 가변 기준시간 간의 대응 관계 정보를 참조하여 현재 검출된 킬림토크(T)에 대응되는 가변 기준시간을 결정할 수 있으며, 킬림토크(T) 및 가변 기준시간 간의 대응 관계 정보는 MDPS 시스템의 사양 및 설계자의 의도에 따라 미리 설계되어 모드 전환 제어부(500)에 미리 설정되어 있을 수 있다.

표 1

킬림토크	가변 기준시간
5Nm	50ms
6Nm	40ms
7Nm	30ms
8Nm	20ms
9Nm	10ms

[0041]

[0042]

[0044]

[0045]

[0046]

[0047]

상기와 같은 가변 기준시간을 채용함에 따라, 킬림토크(T)가 클수록 가변 기준시간이 감소되어 조타 개입 판정에 소요되는 시간이 단축됨으로써 보다 신속하게 수동 운전 모드로의 전환이 가능해진다. 한편, 킬림토크(T)가 0에 수렴할수록 운전자의 조타 개입 여부를 판단하지 않는 실시예가 고려될 수도 있으며, 이 경우 운전자의 조타 개입 여부를 판단하지 않는 킬림토크(T)의 기준값도 MDPS 시스템의 사양 및 설계자의 의도에 따라 미리 설계되어 상기한 대응 관계 정보에 반영되어 있을 수 있다.

한편, 전술한 것과 같이 스티어링 킬림에 인가되는 킬림토크(T)에는 운전자에 의해 인가되는 킬림토크뿐만 아니라, 운전자가 의도하지 않은 상황에서 발생하는 노이즈성의 킬림토크(이를테면, 운전자가 조향 의도 없이 스티어링 휠을 터치함에 따라 발생하는 킬림토크 등)가 포함되어 있을 수 있다. 이러한 노이즈성 킬림토크가 기준토크 이상인 경우로서 해당 노이즈성 킬림토크로부터 결정된 가변 기준시간 이상 유지되는 경우에는, 운전자의 조타 개입 의도가 없음에도 불구하고 노이즈성 킬림토크에 의해 운전자의 조타 개입이 발생한 것으로 판단되는 상황이 발생할 수 있다. 따라서, 상기와 같은 노이즈성 킬림토크를 필터링(제거)하고, 필터링된 킬림토크(구체적으로는, 필터링된 킬림토크의 절대값)를 기반으로 운전자의 조타 개입을 판단할 필요가 있다.

노이즈성 킬림토크를 필터링하기 위해 모드 전환 제어부(500)는 도 2에 도시된 것과 같이 소정 주파수 대역에서 킬림토크(T)를 필터링하는 필터부(대역 차단 필터, Band Stop Filter)를 포함할 수 있다. 필터부가 필터링하는 주파수 대역은 스티어링 휠의 조향각 가속도($\theta''v$)에 따라 결정되고, 또한 MDPS 시스템의 기구적 메커니즘에 따라 야기되는 공진 주파수를 포함하도록 결정될 수 있다(즉, 필터부의 주파수 필터링 대역은 조향각 가속도($\theta''v$)에 따라 결정되는 공진 주파수를 포함하도록 결정될 수 있다).

구체적으로, 노이즈성 킬림토크는 MDPS 시스템의 조향휠, 유니버설 조인트 및 토션바 등 기구적 메커니즘에 따른 공진 주파수 영역에서의 진동에 해당하며, 종래의 LPF(Low Pass Filter)를 통해서는 공진 주파수 영역에서의 진동을 완벽히 제거할 수 없는 점에서, 본 실시예에서는 MDPS 시스템의 기구적 메커니즘(조향휠, 유니버설 조인트 및 토션바의 관성 및 강성)을 고려한 공진 주파수를 찾아내고 이를 대역 차단 필터를 통해 필터링하는 구성을 채용한다.

$$1/(2\pi) \cdot \sqrt{\frac{K}{J}}$$

통상적으로 공진 주파수는 $1/(2\pi) \cdot \sqrt{\frac{K}{J}}$ 로 모델링 될 수 있으며, 여기서 K는 토션바의 특성에 따라 미리 설정되어 있는 파라미터(통상적으로 2.1 ~ 2.8Nm/deg)를 의미한다. J는 관성 모멘트로서 유니버설 조인트와 핸들의 직경 및 조향각 가속도($\theta''v$)에 따라 변화되는 파라미터이므로 시험을 통해 미리 설정되어 있을 수 있으며, 이에 따라 공진 주파수도 소정 범위의 값으로서 미리 설정되어 있을 수 있다. 예를 들어, 공진 주파수가 8 ~ 10Hz의 값으로 미리 설정되어 있는 경우를 가정할 때, 공진 주파수에 영향을 주는 인자는 조향각 가속도($\theta''v$)이므로, 조향각 가속도($\theta''v$)가 큰 값을 가질수록 필터링 대상이 되는 공진 주파수를 8Hz 내지 10Hz의 범위에서 큰 값을 갖도록 공진 주파수를 결정하고, 결정된 공진 주파수 영역에서 킬림토크(T)를 필터링하도록 필터부(즉, 대역 차단 필터)의 주파수 필터링 영역을 지정함으로써, 노이즈성 킬림토크에 의해 운전자의 조타 개입이 오판정되는 문제점이 제거될 수 있다. 이 경우, 모드 전환 제어부(500)는 조향각 가속도($\theta''v$) 및 공진 주파수 간의 맵핑 테이블, 또는 조향각 가속도($\theta''v$)에 대한 공진 주파수의 함수 등 조향각 가속도($\theta''v$) 및 공진 주파수 간

의 대응 관계 정보를 참조하여 현재 산출된 조향각 가속도($\theta''v$)에 대응되는 공진 주파수를 결정할 수 있으며, 조향각 가속도($\theta''v$) 및 공진 주파수 간의 대응 관계 정보는 MDPS 시스템의 사양 및 설계자의 의도에 따라 미리 설계되어 모드 전환 제어부(500)에 미리 설정되어 있을 수 있다.

[0049] 이상에서는 자율 주행 모드로 차량이 주행하는 과정에서 운전자의 직접적인 조타 개입을 판단하는 구성을 중심으로 설명하였으나, 자율 주행 모드에 따른 주행 중 자동 조향을 통해 긴급하게 장애물을 회피해야 하는 상황에 대하여도 고려할 필요가 있다. 즉, 자율 주행 모드에 따른 주행 중 장애물 회피가 요구되는 긴급 상황에서 자율 주행 시스템(600)으로부터 급조타 명령에 따른 지령 조향각(θ_{ref})이 입력될 경우 실제 킥토크가 크게 높아지게 된다. 이 경우는 운전자의 조타 개입이 아닌, 정상적으로 자율 주행 모드가 이루어지는 과정에서 장애물 회피를 위한 긴급 자동 조향에 의해 킥토크(T)가 높아지는 경우에 해당하므로 자율 주행 모드가 해제되지 않고 그대로 유지되어야 한다.

[0050] 이를 위해, 모드 전환 제어부(500)는 차량의 주행 환경을 통해 결정되는 지령 조향각(즉, 자율 주행 시스템(600)으로부터 입력되는 지령 조향각(θ_{ref}))의 각가속도에 따라, 킥토크(T) 및 가변 기준시간을 기반으로 하는 운전자의 조타 개입의 판단을 제한하는 프로세스(편의상 제한 프로세스로 한다)를 수행할 수 있다. 여기서, 지령 조향각(θ_{ref})의 각가속도는 지령 조향각(θ_{ref})을 두 번 미분하여 산출될 수 있으며, 노이즈 제거를 위한 LPF 처리가 더 수행될 수도 있다.

[0051] 즉, 킥토크(T)가 기준토크 이상으로 판단된 경우라도, 지령 조향각(θ_{ref})의 각가속도가 큰 경우는, 운전자의 조타 개입이 아닌 자율 주행 모드가 수행되는 과정에서 긴급 자동 조향에 의해 킥토크(T)가 높아진 경우로 볼 수 있으므로, 이 경우 모드 전환 제어부(500)는 상기한 운전자의 조타 개입의 판단을 제한할 수 있다.

[0052] 제한 프로세스의 예시로서, 모드 전환 제어부(500)는 지령 조향각(θ_{ref})의 각가속도가 클수록 가변 기준시간을 증가시키는 방식(즉, 기준토크 이상의 킥토크(T)가 검출되어 작은 값을 갖는 가변 기준시간이 결정되었다더라도, 지령 조향각(θ_{ref})의 각가속도가 미리 설정된 기준치 이상인 경우에는 가변 기준시간을 증가시켜 운전자의 조타 개입의 판정을 지연시키는 방식), 또는 지령 조향각(θ_{ref})의 각가속도가 미리 설정된 기준치 이상인 경우에는 킥토크(T) 및 가변 기준시간을 기반으로 하는 운전자의 조타 개입의 판단 자체를 중지하는 방식을 이용할 수 있다.

[0054] **2. 자율 주행 모드로부터 수동 운전 모드로의 전환**

[0055] 앞서 언급한 것과 같이 자율 주행 모듈에 따른 MDPS의 위치 제어가 수행되는 과정에서 갑작스런 운전자의 조타가 발생함으로 인해 모터 제어 전류가 크게 변화되어 운전자의 조향 이질감이 유발될 수 있으며, 즉 자율 주행 모드로부터 수동 운전 모드로의 모드 전환 시, 각 모드 제어 상황에서의 출력 차이로 인해 순간적인 제어 안정성이 떨어지게 되며, 이는 차량의 거동 이상이나 스티어링 진동 등의 이질감으로 이어질 수 있게 된다.

[0056] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 수단으로서, 본 실시예에서는 킥토크(T)에 근거하여 자율 주행 모드로부터 수동 운전 모드로의 모드 전환 시간을 결정하고, 모드 전환 시간이 반영된 가중치를 제1 및 제2 보조 지령전류(I_{ref_A} , I_{ref_B})에 적용하여 자율 주행 모드로부터 수동 운전 모드로의 전환 시 MDPS 모터를 구동하기 위한 최종 보조 지령전류(I_{ref_final})를 결정하는 방식을 통해 모드 전환을 수행하는 구성을 채용한다.

[0057] 구체적으로, 모드 전환 제어부(500)는 운전자의 조타 개입이 발생한 것으로 판단된 시점에서의 킥토크(편의상 '결정 킥토크'로 표기한다)에 근거하여 상기한 모드 전환 시간을 결정할 수 있으며, 상기 결정 킥토크는 킥토크(T)가 미리 설정된 기준토크 이상으로 유지되는 시간이 가변 기준시간에 도달했을 시점에서의 킥토크로 표현될 수 있다. 이때, 자율 주행 모드로부터 수동 운전 모드로의 모드 전환 시간은 결정 킥토크가 클수록 더 작은 값으로 결정될 수 있다.

[0058] 즉, 결정 킥토크가 클수록 운전자의 긴급 조타 의도가 있는 상황에 해당하는 것으로 볼 수 있으며, 이 경우 모드 전환에 소요되는 시간을 단축시켜 신속하게 수동 운전 모드로 전환할 필요가 있으므로, 모드 전환 제어부(500)는 결정 킥토크에 따라 수동 운전 모드로의 모드 전환 시간을 가변시키도록 동작할 수 있다. 이에 따라, 모드 전환 제어부(500)는 도 2에 도시된 것과 같이 결정 킥토크가 클수록 모드 전환 시간을 더 작은 값으로 결정하고, 마찬가지로 결정 킥토크가 작을수록 모드 전환 시간을 더 큰 값으로 결정함으로써, 긴급 조타 조건에서 신속한 수동 운전 모드로의 전환이 가능하도록 할 수 있다. 예를 들어, 모드 전환 제어부(500)는 결정 킥토크 및 모드 전환 시간 간의 맵핑 테이블(또는 그래프), 또는 결정 킥토크에 대한 모드 전환 시간의 함수 등, 결정 킥토크 및 모드 전환 시간 간의 대응 관계 정보를 참조하여 현재 검출된 결정 킥토크에 대응되는 모드 전환 시간을 결정할 수 있으며, 결정 킥토크 및 모드 전환 시간 간의 대응 관계 정보는 MDPS 시스템의

사양 및 설계자의 의도에 따라 미리 설계되어 모드 전환 제어부(500)에 미리 설정되어 있을 수 있다. 나아가, 모드 전환 시간은 결정 컬럼토크의 전 영역에 걸쳐 결정 컬럼토크가 클수록 더 작은 값으로 결정될 수도 있고, 결정 컬럼토크의 일부 영역에 대하여만 결정 컬럼토크가 클수록 더 작은 값으로 결정될 수도 있다. 즉, 모드 전환 제어부(500)는 결정 컬럼토크의 영역 중 적어도 부분적으로는 결정 컬럼토크가 클수록 전환 시간을 더 작은 값으로 결정할 수 있다.

[0059] 전술한 과정을 통해 모드 전환 시간이 결정되면, 모드 전환 제어부(500)는 자율 주행 모드로부터 수동 운전 모드로의 전환을 결정된 모드 전환 시간 이내에 완료하도록 동작할 수 있으며, 상기 구성에 대하여 이하에서 구체적으로 설명한다.

[0060] 먼저, 모드 전환 제어부(500)는 모드 전환 시간이 반영된 가중치를 제1 및 제2 보조 지령전류(Iref_A, Iref_B)에 적용하여 모드 전환 시 MDPS 모터를 구동하기 위한 최종 보조 지령전류(Iref_final)를 결정할 수 있다. 이때, 모드 전환 제어부(500)는 가중치를 제1 및 제2 보조 지령전류(Iref_A, Iref_B)에 각각 상보적으로 적용하여 최종 보조 지령전류(Iref_final)를 결정하되, 가중치가 낮은 값으로부터 높은 값을 가질수록, 제2 보조 지령전류(Iref_B)로부터 제1 보조 지령전류(Iref_A)에 가까워지도록 최종 보조 지령전류(Iref_final)를 결정할 수 있다. 즉, 가중치(K)가 낮은 값으로부터 높은 값을 가질수록, 제1 보조 지령전류(Iref_A)의 비중이 증가하고 제2 보조 지령전류(Iref_B)의 비중이 감소하여 최종 보조 지령전류(Iref_final)에 반영된다. 최종 보조 지령전류(Iref_final)는 하기 수학적 식 1과 같은 Exponential Smoothing Filter에 의해 결정될 수 있다.

수학적 식 1

$$I_{ref_final} = KI_{ref_A} + (1-K)I_{ref_B}$$

[0061]

[0062] 수학적 식 1에 따라, K 값이 1에 수렴할수록 최종 보조 지령전류(Iref_final)는 제1 보조 지령전류(Iref_A)에 가까워지고, K 값이 0에 수렴할수록 최종 보조 지령전류(Iref_final)는 제2 보조 지령전류(Iref_B)에 가까워진다.

[0063] 이에 따라, 운전자가 자율 주행 모드에서 강제 조타를 통해 자율 주행 모드를 해지하고자 할 때, 제2 보조 지령전류(Iref_B)에 적용되는 자율 주행 계인(즉, 수학적 식 1에서 1-K)은 점차 감소하고 제1 보조 지령전류(Iref_A)에 적용되는 계인(즉, 가중치 K)은 점차 증가하게 되어, 자율 주행 모드로부터 수동 운전 모드로의 모드 전환 시 스티어링 휠의 이질감없이 보다 자연스러운 자율 주행 모드의 해지가 가능하게 된다.

[0064] 또한, 수학적 식 1에 따라 이루어지는 자율 주행 모드로부터 수동 운전 모드로의 전환이 전술한 모드 전환 시간 이내에 완료될 수 있도록, 수학적 식 1의 가중치는 모드 전환 시간을 인자로 하여 미리 설정된 하한값(0의 값) 이상 및 미리 설정된 상한값(1의 값) 이하의 범위에서 변화하도록 설계될 수 있다. 즉, 가중치를 "x / T_{translate}"로 표현하고(T_{translate}는 모드 전환 시간), 변수 x를 0에서부터 T_{translate}로 점진적으로 증가시킬 경우, 모드 전환 시간 이내에 가중치의 값은 0으로부터 1로 변화되어 최종 보조전류는 제1 보조 지령전류(Iref_A)에 도달함으로써 모드 전환이 완료된다.

[0065] 따라서, 운전자의 긴급 조타 의도가 있는 상황에서 인가되는 큰 컬럼토크를 기반으로 모드 전환 시간을 결정함으로써 모드 전환에 소요되는 시간을 단축시키고 동시에, 수학적 식 1과 같은 Exponential Smoothing Filter를 적용함으로써 스티어링 휠의 이질감없이 보다 자연스러운 자율 주행 모드의 해지가 가능하게 된다.

[0067] 3. 자율 주행 모드에서 MDPS 시스템의 제어 응답성

[0068] 전술한 것과 같이 자율주행 조향 제어부(400)는 자율 주행 모드에서 MDPS 모터의 위치 및 속도를 제어하기 위한 위치 제어기 및 속도 제어기를 포함할 수 있으며, 통상적으로 위치 제어기에 P(Proportional) 제어, 속도 제어기에 PI(Proportional Integral) 제어를 적용하나, 이는 제어 응답성을 높이는데 한계가 있어 D(Differential) 제어기 앞단에 LPF를 통상적으로 적용하고 있다. 그러나, 이 경우 MDPS 시스템의 구조가 복잡해지고 튜닝 인자가 증가하여 MDPS 모터 제어에 어려움이 발생하게 된다.

[0069] 제어 응답성을 높이면서 MDPS 시스템의 구조를 단순화시키고 튜닝 인자를 최적화하기 위해, 본 실시예의 자율주행 조향 제어부(400)는 지령 조향각(θ_{ref})의 각속도에 따라 가변적으로 결정되는 차단 주파수를 갖는 가변 HPF(High Pass Filter)와, PID 제어의 위치 제어 계인 및 미분 파라미터(미분 시간)를 토대로 산출되는

D(Differential) 제어 계인을 이용하여 제2 보조 지령전류(Iref_B)를 결정하도록 설계될 수 있다.

[0070] 구체적으로, 통상적인 PID 제어기에서 D 제어기에 LPF나 Lag-compensator를 적용하였을 때 전달함수는 하기 수학적 식 2에 따라 표현된다.

수학적 식 2

$$G(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot s} + \frac{T_d \cdot s}{1 + s \cdot T_d} \right)$$

[0071]

[0072] 수학적 식 2에서 Kp는 위치 제어 계인을 의미하고, Ti 및 Td는 각 제어기의 제어 시간으로서, 즉 각각 적분 시간 및 미분 시간을 의미한다.

[0073] 수학적 식 2에서 위치 제어 계인 Kp를 적분 제어 계인 Ki 및 미분 제어 계인 Kd로 분리하여 정리하면 하기 수학적 식 3과 같다.

수학적 식 3

$$G(s) = K_p + \frac{K_i}{T_i \cdot s} + \frac{K_d \cdot T_d \cdot s}{1 + s \cdot T_d}$$

[0074]

[0075] 수학적 식 3에서 미분 제어 텀을 다시 정리하면 하기 수학적 식 4와 같다.

수학적 식 4

$$\frac{\frac{1}{T_d}}{\frac{1}{T_d} + s} K_d \cdot T_d \cdot s$$

[0076]

[0077] 수학적 식 4에서 $\frac{1}{T_d} + s$ 텀은 1차 HPF의 형태임을 확인할 수 있으며, 이에 따라 D 제어기에 LPF나 Lag-compensator를 적용하는 것이 아닌, 특화된 D 제어 계인을 설정하고 이에 HPF를 적용하면 제어 응답성을 높이면서도 노이즈 및 외란에 강건화된 시스템 구조가 설계될 수 있다.

[0078] 상기의 설계 방식을 응용하여, 위치 제어기의 지령 조향각(θref)이 빠르면(즉, 지령 조향각(θref)의 각속도가 크면) HPF의 차단 주파수를 낮추어 조타 영역에서 요구되는 계인과 주파수 응답을 증가시키고, 반대로 지령 조향각(θref)이 느리면(즉, 지령 조향각(θref)의 각속도가 작으면) HPF의 차단 주파수를 증가시켜 노이즈에 둔감하게 응답하도록 함으로써 진동 및 외란에 반응하지 않도록 하는 설계를 고려할 수 있다.

[0079] 따라서, 본 실시예에서 자율주행 조향 제어부(400)는 도 2에 도시된 것과 같이 지령 조향각(θref)의 각속도에

따라 가변적으로 결정되는 차단 주파수를 갖는 가변 HPF(High Pass Filter)와, PID 제어의 위치 제어 게인(K_p) 및 미분 파라미터(T_d)를 토대로 산출되는 D 제어 게인($G = K_p * T_d$)을 이용하여 제2 보조 지령전류(I_{ref_B})를 결정할 수 있다. 상기한 설계를 통해 자율 주행 모드에서 급격한 회피 조타가 필요한 경우 매우 효과적이고 능동적으로 MDPS 모터의 위치 제어가 가능하다. 또한, 계속적으로 제어 응답을 높여줄 경우 일반적인 주행 시 외란이나 노이즈가 증폭되어 위치 제어의 성능이 저하되지만, 상기와 같은 설계를 통해 위치 제어의 성능이 유지되면서도 주행 안정성이 향상될 수 있다. 도 2에 도시된 것과 같이 가변 HPF는 현재 조향각(θ_v)과 지령 조향각(θ_{ref}) 간의 오차값(에러값)이 입력으로 들어가고 차단 주파수는 지령 조향각(θ_{ref})의 각속도에 따라 결정되며, D 제어 게인(G)는 위치 제어 게인 K_p 에 미분시간인 T_d 를 곱하여 산출된다.

- [0081] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 이하에서는 도 3을 참조하여 본 실시예에 따른 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어 방법을 설명하며, 편의상 전술한 내용과 중복되는 설명은 생략한다.
- [0082] 먼저, 모드 전환 제어부(500)는 차량의 자율 주행 모드에서 차량의 스티어링 컬럼에 인가되는 컬럼토크(T)에 대응하여 가변적으로 결정되는 가변 기준시간을 토대로 운전자의 조타 개입이 발생하였는지 여부를 판단한다(S100).
- [0083] S100 단계에서, 모드 전환 제어부(500)는 컬럼토크(T)가 미리 설정된 기준토크 이상인 상태가 가변 기준시간 이상 유지되는 경우 운전자의 조타 개입이 발생한 것으로 판단할 수 있으며, 이때 컬럼토크(T)가 클수록 가변 기준시간을 더 작은 값으로 결정할 수 있다. 또한, S100 단계에서, 모드 전환 제어부(500)는 차량의 스티어링 휠의 조향각 가속도(θ''_v)에 따라 결정되며, 차량에 장착된 MDPS 시스템의 기구적 메커니즘에 따라 야기되는 공진 주파수를 포함하도록 결정되는 주파수 대역에서 컬럼토크(T)를 필터링하고, 필터링된 컬럼토크를 기반으로 운전자의 조타 개입을 판단할 수도 있다.
- [0084] 한편, S100 단계에서, 모드 전환 제어부(500)는 지령 조향각(θ_{ref})의 각가속도에 따라, 컬럼토크(T) 및 가변 기준시간을 기반으로 하는 운전자의 조타 개입의 판단을 제한하는 제한 프로세스를 수행할 수 있으며, 제한 프로세스의 방식으로는 지령 조향각(θ_{ref})의 각가속도가 클수록 가변 기준시간을 증가시키는 방식, 또는 지령 조향각(θ_{ref})의 각가속도가 미리 설정된 기준치 이상인 경우에는 컬럼토크(T) 및 가변 기준시간을 기반으로 하는 운전자의 조타 개입의 판단을 중지하는 방식이 적용될 수 있다.
- [0085] S100 단계에서 운전자의 조타 개입이 발생한 것으로 판단된 경우, 모드 전환 제어부(500)는 컬럼토크(T)에 근거하여 자율 주행 모드로부터 운전자의 수동 운전 모드로의 모드 전환 시간을 결정한다(S200).
- [0086] S200 단계에서, 모드 전환 제어부(500)는 운전자의 조타 개입이 발생한 것으로 판단된 시점에서의 컬럼토크인 결정 컬럼토크에 근거하여 모드 전환 시간을 결정하되, 결정 컬럼토크의 영역 중 적어도 부분적으로는 결정 컬럼토크가 클수록 모드 전환 시간을 더 작은 값으로 결정할 수 있다.
- [0087] 이어서, 모드 전환 제어부(500)는 모드 전환 시간이 반영된 가중치를 제1 및 제2 보조 지령전류(I_{ref_A} , I_{ref_B})에 적용하여, 자율 주행 모드로부터 수동 운전 모드로의 전환 시 MDPS 모터를 구동하기 위한 최종 보조 지령전류(I_{ref_final})를 결정한다. 전술한 것과 같이 제1 및 제2 보조 지령전류(I_{ref_A} , I_{ref_B})는 각각 수동 운전 모드 및 자율 주행 모드에서 MDPS 모터를 구동하기 위한 전류에 해당한다(S300).
- [0088] S300 단계에서, 모드 전환 제어부(500)는 가중치를 제1 및 제2 보조 지령전류(I_{ref_A} , I_{ref_B})에 각각 상보적으로 적용하여 최종 보조 지령전류(I_{ref_final})를 결정하되, 가중치가 낮은 값으로부터 높은 값을 가질수록, 제2 보조 지령전류(I_{ref_B})로부터 제1 보조 지령전류(I_{ref_A})에 가까워지도록 최종 보조 지령전류(I_{ref_final})를 결정할 수 있다. 여기서 가중치는 모드 전환 시간을 인자로 하여 미리 설정된 하한값 이상 및 미리 설정된 상한값 이하의 범위에서 변화하도록 설계될 수 있으며, 이에 따라 모드 전환 제어부(500)는 자율 주행 모드로부터 수동 운전 모드로의 전환을 모드 전환 시간 이내에 완료할 수 있다.
- [0089] 추가적으로, 전술한 제2 보조 지령전류(I_{ref_B})는 지령 조향각(θ_{ref})을 기반으로 PID 제어를 통해 MDPS 모터의 위치 제어가 수행되는 방식으로 결정되며, 지령 조향각(θ_{ref})의 각속도에 따라 가변적으로 결정되는 차단 주파수를 갖는 가변 HPF(High Pass Filter)와, PID 제어의 위치 제어 게인 및 미분 파라미터를 토대로 산출되는 D(Differential) 제어 게인이 고려되어 제2 보조 지령전류(I_{ref_B})가 결정될 수 있다.
- [0091] 이와 같이 본 실시예는 자율 주행 모드로부터 수동 운전 모드로의 모드 전환 시, 컬럼토크에 따라 능동적으로 가변되는 가변 기준시간을 이용하여 운전자의 조타 개입을 판단함으로써 급조타 시 신속한 자율 주행 모드의 해지 및 수동 운전 모드로의 진입을 가능하게 할 수 있고, 모드 전환에 소요되는 시간이 반영된 소정의 가중치를

통해 MDPS 모터의 구동을 위한 보조 지령전류를 최적 결정하여 MDPS 모터의 구동을 제어함으로써, 모드 전환 시 MDPS에 대한 제어 안정성을 확보할 수 있고 차량의 거동 이상이나 스티어링 진동 등의 이질감을 저감시킬 수 있다.

[0092] 본 명세서에서 설명된 구현은, 예컨대, 방법 또는 프로세스, 장치, 소프트웨어 프로그램, 데이터 스트림 또는 신호로 구현될 수 있다. 단일 형태의 구현의 맥락에서만 논의(예컨대, 방법으로서만 논의)되었더라도, 논의된 특징의 구현은 또한 다른 형태(예컨대, 장치 또는 프로그램)로도 구현될 수 있다. 장치는 적절한 하드웨어, 소프트웨어 및 펌웨어 등으로 구현될 수 있다. 방법은, 예컨대, 컴퓨터, 마이크로프로세서, 집적 회로 또는 프로그래밍가능한 로직 디바이스 등을 포함하는 프로세싱 디바이스를 일반적으로 지칭하는 프로세서 등과 같은 장치에서 구현될 수 있다. 프로세서는 또한 최종-사용자 사이에 정보의 통신을 용이하게 하는 컴퓨터, 셀 폰, 휴대용/개인용 정보 단말기(personal digital assistant: "PDA") 및 다른 디바이스 등과 같은 통신 디바이스를 포함한다.

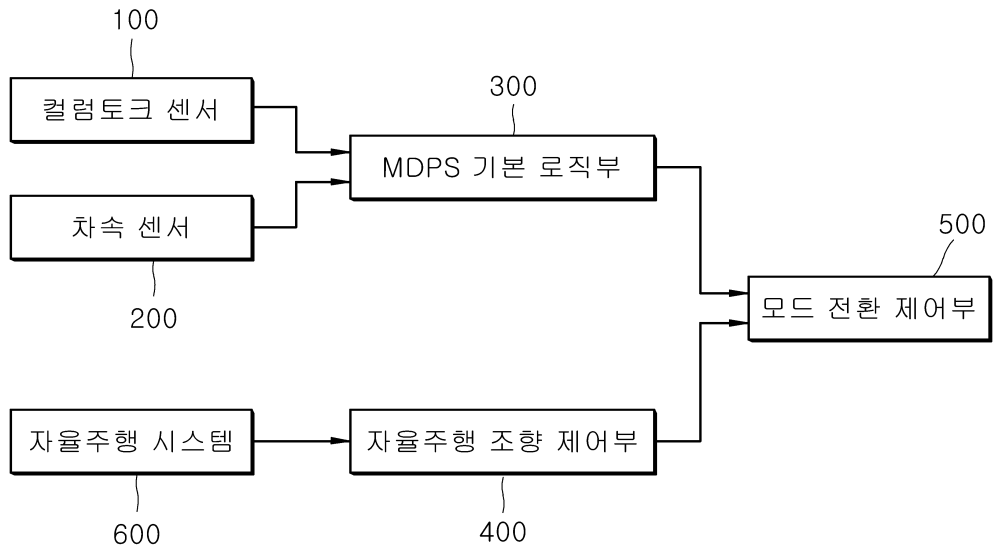
[0093] 이상으로 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 하여 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위에 의해서 정하여져야 할 것이다.

부호의 설명

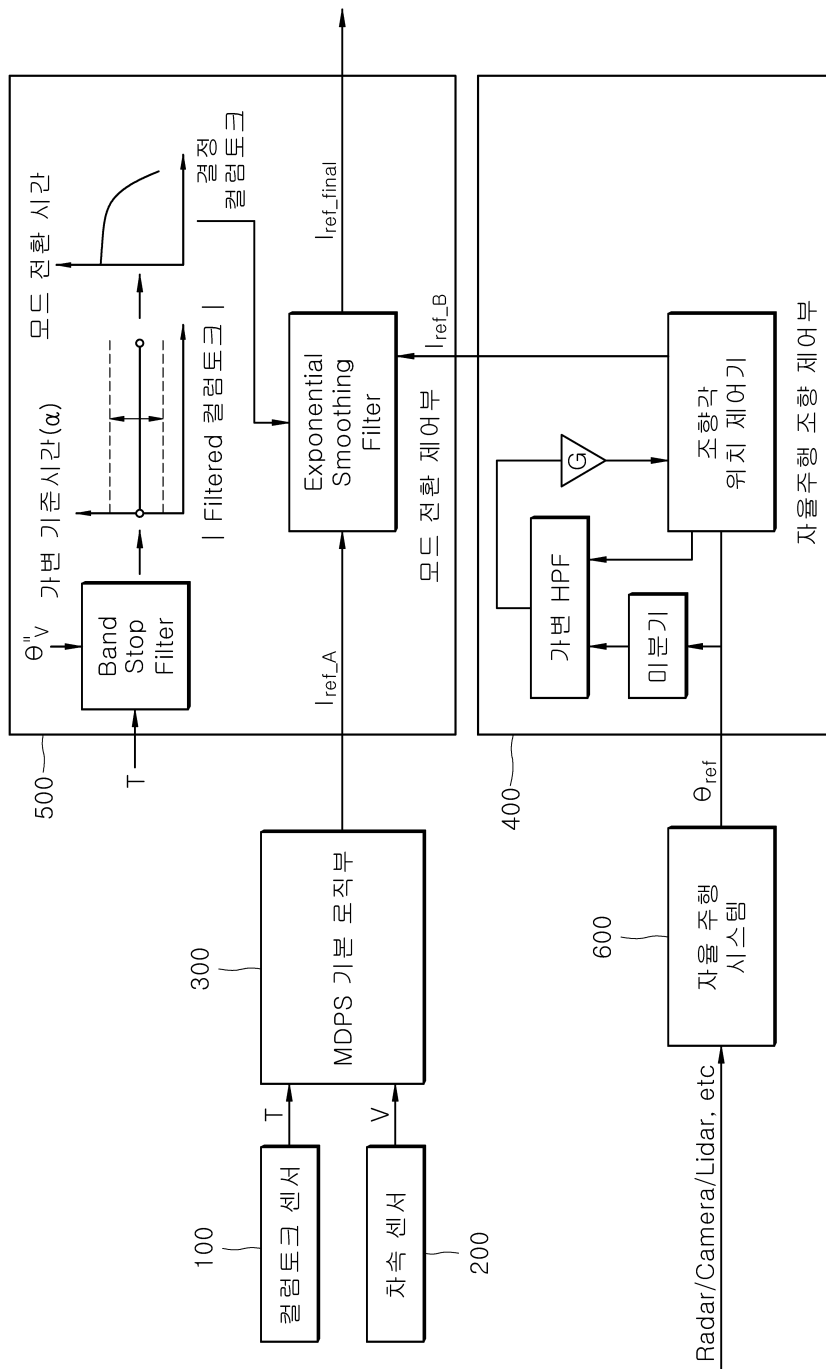
- [0095] 100: 컬럼토크 센서
- 200: 차속 센서
- 300: MDPS 기본 로직부
- 400: 자율주행 조향 제어부
- 500: 모드 전환 제어부
- 600: 자율 주행 시스템
- T: 컬럼토크
- V: 차속
- θ_{ref} : 지령 조향각
- θ_v : 조향각
- θ''_v : 조향각 가속도
- K: 가중치
- Iref_A: 제1 보조 지령전류
- Iref_B: 제2 보조 지령전류
- Iref_final: 최종 보조 지령전류

도면

도면1



도면2



도면3

