



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0146879
(43) 공개일자 2023년10월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B60W 40/068 (2012.01) B60W 40/12 (2006.01)
G06N 3/08 (2023.01) G10L 19/02 (2006.01)
H04R 9/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B60W 40/068 (2013.01)
B60W 40/12 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0045851
(22) 출원일자 2022년04월13일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
현대자동차주식회사
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)
기아 주식회사
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)
(뒷면에 계속)
(72) 발명자
윤영삼
경기도 화성시 동탄대로10길 20, 동탄 더샵 레이크에듀타운 5209-501
이재훈
경기도 용인시 수지구 죽전로 121, 꽃메마을아이파크 105-503
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인태평양

전체 청구항 수 : 총 20 항

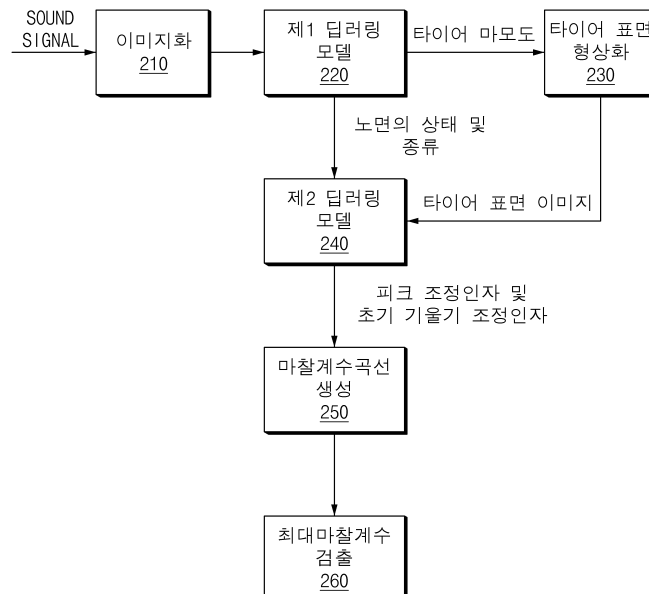
(54) 발명의 명칭 노면의 마찰계수 예측 장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 노면의 마찰계수 예측 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 제1 딥러닝 모델을 기반으로 타이어 주변의 음향신호에 상응하는 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정하고, 제2 딥러닝 모델을 기반으로 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도에 상응하는 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정하며,

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 마찰계수를 예측함으로써, 마찰계수의 예측 정확도를 향상시킬 수 있는 노면의 마찰계수 예측 장치 및 그 방법을 제공하고자 한다.

이를 위하여, 본 발명은 차량에 장착된 타이어 주변의 음향신호를 취득하는 마이크로폰; 및 제1 딥러닝 모델을 기반으로 상기 타이어 주변의 음향신호에 상응하는 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정하고, 제2 딥러닝 모델을 기반으로 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도에 상응하는 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정하며, 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 마찰계수를 예측하는 제어부를 포함할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G06N 3/08 (2023.01)

G10L 19/02 (2013.01)

H04R 9/08 (2013.01)

B60W 2422/70 (2013.01)

B60W 2552/05 (2020.02)

B60W 2552/40 (2020.02)

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인화로 100(용현동, 인하대학교)

넥센타이어 주식회사

경상남도 양산시 충렬로 355 (유산동)

(72) 발명자

염기호

서울특별시 서초구 신반포로 261, 현대훼밀리아파트 101-701

장동진

경기도 시흥시 서울대화로 100, 시흥배곧신도시 이지더원2차 에듀그린 214-1602

황성욱

서울특별시 은평구 갈현로17나길 8, 호성로알빌라 502호

이상권

서울특별시 강남구 선릉로 120, 개포1,2차 우성아파트 9-901

명세서

청구범위

청구항 1

차량에 장착된 타이어 주변의 음향신호를 취득하는 마이크로폰; 및

제1 딥러닝 모델을 기반으로 상기 타이어 주변의 음향신호에 상응하는 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정하고, 제2 딥러닝 모델을 기반으로 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도에 상응하는 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정하며, 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 마찰계수를 예측하는 제어부

를 포함하는 노면의 마찰계수 예측 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 타이어 주변의 음향신호를 이미지로 변환하고, 상기 이미지를 상기 제1 딥러닝 모델이 입력하여 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정하는 것을 특징으로 하는 노면의 마찰계수 예측 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 마이크로폰에 의해 취득된 타이어 주변의 음향신호를 기 설정된 시간 단위로 분할하고, 상기 분할된 음향신호를 이미지로 변환하며, 상기 이미지 내 관심영역을 기 설정된 크기의 이미지로 정규화하는 것을 특징으로 하는 노면의 마찰계수 예측 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 제어부는,

CWT(Continuous Wavelet Transform) 알고리즘에 기초하여 상기 분할된 음향신호를 이미지로 변환하는 것을 특징으로 하는 노면의 마찰계수 예측 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 타이어 마모도에 상응하는 타이어의 표면 이미지를 생성하는 것을 특징으로 하는 노면의 마찰계수 예측 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 제2 딥러닝 모델을 기반으로, 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어의 표면 이미지에 상응하는 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정하는 것을 특징으로 하는 노면의 마찰계수 예측 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 마찰계수곡선을 생성하고, 상기 마찰계수곡선 상의 최대마찰계수를 예측하는 것을 특징으로 하는 노면의 마찰계수 예측 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 노면의 상태는,

건조한 상태(Dry), 젖은 상태(Wet), 눈이 온 상태(snow), 얼음이 얼은 상태(Ice) 중 적어도 하나를 포함하는 노면의 마찰계수 예측 장치.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 노면의 종류는,

새로운 아스팔트, 오래된 아스팔트, 제1 콘크리트, 제2 콘크리트, 횡방향 그루브, 종방향 그루브 중 적어도 하나를 포함하는 노면의 마찰계수 예측 장치.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 마이크로폰은,

상기 차량의 후륜에 배치된 휠 하우스의 전방에 장착되는 것을 특징으로 하는 노면의 마찰계수 예측 장치.

청구항 11

마이크로폰이 차량에 장착된 타이어 주변의 음향신호를 취득하는 단계;

제어부가 제1 딥러닝 모델을 기반으로, 상기 타이어 주변의 음향신호에 상응하는 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정하는 단계;

상기 제어부가 제2 딥러닝 모델을 기반으로, 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도에 상응하는 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정하는 단계; 및

상기 제어부가 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 마찰계수를 예측하는 단

계

를 포함하는 노면의 마찰계수 예측 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정하는 단계는,

상기 타이어 주변의 음향신호를 이미지로 변환하는 단계; 및

상기 이미지를 상기 제1 딥러닝 모델이 입력하여 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정하는 단계를 포함하는 노면의 마찰계수 예측 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 타이어 주변의 음향신호를 이미지로 변환하는 단계는,

상기 마이크로폰에 의해 취득된 타이어 주변의 음향신호를 기 설정된 시간 단위로 분할하는 단계;

상기 분할된 음향신호를 이미지로 변환하는 단계;

상기 이미지 내 관심영역을 기 설정된 크기의 이미지로 정규화하는 단계

를 포함하는 노면의 마찰계수 예측 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 분할된 음향신호를 이미지로 변환하는 단계는,

CWT(Continuous Wavelet Transform) 알고리즘에 기초하여 상기 분할된 음향신호를 이미지로 변환하는 단계를 포함하는 노면의 마찰계수 예측 방법.

청구항 15

제 11 항에 있어서,

상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정하는 단계는,

상기 타이어 마모도에 상응하는 타이어의 표면 이미지를 생성하는 단계

를 포함하는 노면의 마찰계수 예측 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 예측하는 단계는,

상기 제2 딥러닝 모델을 기반으로, 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어의 표면 이미지에 상응하는 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정하는 단계

를 포함하는 노면의 마찰계수 예측 방법.

청구항 17

제 11 항에 있어서,

상기 예측하는 단계는,

상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 마찰계수곡선을 생성하는 단계; 및

상기 마찰계수곡선 상의 최대마찰계수를 예측하는 단계

를 포함하는 노면의 마찰계수 예측 방법.

청구항 18

제 11 항에 있어서,

상기 노면의 상태는,

건조한 상태(Dry), 젖은 상태(Wet), 눈이 온 상태(snow), 얼음이 얼은 상태(Ice) 중 적어도 하나를 포함하는 노면의 마찰계수 예측 방법.

청구항 19

제 11 항에 있어서,

상기 노면의 종류는,

새로운 아스팔트, 오래된 아스팔트, 제1 콘크리트, 제2 콘크리트, 횡방향 그루브, 종방향 그루브 중 적어도 하나를 포함하는 노면의 마찰계수 예측 방법.

청구항 20

제 11 항에 있어서,

상기 마이크로폰은,

상기 차량의 후륜에 배치된 휠 하우스의 전방에 장착되는 것을 특징으로 하는 노면의 마찰계수 예측 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 타이어 주변의 음향신호(sound signal)에 기초하여 노면의 마찰계수(일례로, μ -peak)를 예측하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 일반적으로, 심층 학습(Deep Learning or Deep Neural Network)은 기계 학습(Machine Learning)의 한 종류로서, 입력과 출력 사이에 여러 층의 인공 신경망(ANN, Artificial Neural Network)이 구성되어 있으며, 이러한 인공 신경망은 구조와 해결할 문제 및 목적 등에 따라 컨볼루션 신경망(CNN, Convolution Neural Network) 또는 순환 신경망(RNN, Recurrent Neural Network) 등을 포함할 수 있다.

[0004] 이러한 컨볼루션 신경망에 입력되는 데이터는 트레이닝 셋과 테스트 셋으로 구분되는데, 컨볼루션 신경망은 트

레이닝 셋을 통해 신경망의 가중치를 학습하고, 이렇게 학습된 결과를 테스트 셋을 통해 확인한다.

- [0005] 즉, 콘볼루션 신경망에 데이터가 입력되면 입력층(Input Layer)에서 은닉층(Hidden Layer)까지 연산이 차근차근 진행되어 그 결과가 출력되는데, 이 과정에서 입력 데이터는 모든 노드를 한번씩만 경유하게 된다. 이렇게 입력 데이터가 모든 노드를 한번씩만 경유한다는 것은 데이터의 순서 즉 시간적인 측면을 고려하지 않는 구조라는 것을 의미한다.
- [0006] 결국, 콘볼루션 신경망은 입력 데이터의 시간 순서에 상관없이 학습을 수행한다. 반면, 순환 신경망은 은닉층의 결과가 다시 상기 은닉층에 입력되는 구조를 갖는 바, 이러한 구조는 입력 데이터의 시간 순서가 고려되는 것을 의미한다.
- [0007] 한편, 노면의 상태를 예측하는 종래의 기술로서, 타이어 주변의 음향신호를 측정하고, 소정의 주파수 구간에 상응하는 상기 음향신호의 파워 스펙트럼 밀도에 기초하여 노면의 상태를 검출하는 기술이 제안된 바 있으나, 이러한 종래의 기술은 예측 정확도가 떨어지는 문제점이 있다.
- [0008] 이 배경기술 부문에 기재된 사항은 발명의 배경에 대한 이해를 증진하기 위하여 작성된 것으로서, 이 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 이미 알려진 종래기술이 아닌 사항을 포함할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명은 제1 딥러닝 모델을 기반으로 타이어 주변의 음향신호에 상응하는 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정하고, 제2 딥러닝 모델을 기반으로 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도에 상응하는 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정하며, 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 마찰계수를 예측함으로써, 마찰계수의 예측 정확도를 향상시킬 수 있는 노면의 마찰계수 예측 장치 및 그 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0011] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있으며, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 알게 될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 특허 청구 범위에 나타난 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0013] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치는, 차량에 장착된 타이어 주변의 음향신호를 취득하는 마이크로폰; 및 제1 딥러닝 모델을 기반으로 상기 타이어 주변의 음향신호에 상응하는 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정하고, 제2 딥러닝 모델을 기반으로 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도에 상응하는 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정하며, 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 마찰계수를 예측하는 제어부를 포함할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제어부는 상기 타이어 주변의 음향신호를 이미지로 변환하고, 상기 이미지를 상기 제1 딥러닝 모델이 입력하여 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제어부는 상기 마이크로폰에 의해 취득된 타이어 주변의 음향신호를 기 설정된 시간 단위로 분할하고, 상기 분할된 음향신호를 이미지로 변환하며, 상기 이미지 내 관심영역을 기 설정된 크기의 이미지로 정규화할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제어부는 CWT(Continuous Wavelet Transform) 알고리즘에 기초하여 상기 분할된 음향신호를 이미지로 변환할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제어부는 상기 타이어 마모도에 상응하는 타이어의 표면 이미지를 생성할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제어부는 상기 제2 딥러닝 모델을 기반으로, 상기 노면의 상태와 종류 및 타이

어의 표면 이미지에 상응하는 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정할 수 있다.

- [0019] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제어부는 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 마찰계수곡선을 생성하고, 상기 마찰계수곡선 상의 최대마찰계수를 예측할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 노면의 상태는 건조한 상태(Dry), 젖은 상태(Wet), 눈이 온 상태(snow), 얼음이 얼은 상태(Ice) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 노면의 종류는 새로운 아스팔트, 오래된 아스팔트, 제1 콘크리트, 제2 콘크리트, 횡방향 그루브, 종방향 그루브 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 마이크로폰은 상기 차량의 후륜에 배치된 휠 하우스의 전방에 장착될 수 있다.
- [0023] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 방법은, 마이크로폰이 차량에 장착된 타이어 주변의 음향신호를 취득하는 단계; 제어부가 제1 딥러닝 모델을 기반으로, 상기 타이어 주변의 음향신호에 상응하는 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정하는 단계; 상기 제어부가 제2 딥러닝 모델을 기반으로, 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도에 상응하는 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정하는 단계; 및 상기 제어부가 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 마찰계수를 예측하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정하는 단계는, 상기 타이어 주변의 음향신호를 이미지로 변환하는 단계; 및 상기 이미지를 상기 제1 딥러닝 모델이 입력하여 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 타이어 주변의 음향신호를 이미지로 변환하는 단계는, 상기 마이크로폰에 의해 취득된 타이어 주변의 음향신호를 기 설정된 시간 단위로 분할하는 단계; 상기 분할된 음향신호를 이미지로 변환하는 단계; 상기 이미지 내 관심영역을 기 설정된 크기의 이미지로 정규화하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 분할된 음향신호를 이미지로 변환하는 단계는, CWT(Continuous Wavelet Transform) 알고리즘에 기초하여 상기 분할된 음향신호를 이미지로 변환하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정하는 단계는, 상기 타이어 마모도에 상응하는 타이어의 표면 이미지를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0028] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 예측하는 단계는 상기 제2 딥러닝 모델을 기반으로, 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어의 표면 이미지에 상응하는 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0029] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 예측하는 단계는 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 마찰계수곡선을 생성하는 단계; 및 상기 마찰계수곡선 상의 최대마찰계수를 예측하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0031] 상기과 같은 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치 및 그 방법은, 제1 딥러닝 모델을 기반으로 타이어 주변의 음향신호에 상응하는 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정하고, 제2 딥러닝 모델을 기반으로 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도에 상응하는 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정하며, 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 마찰계수를 예측함으로써, 마찰계수의 예측 정확도를 향상시킬 수 있다.
- [0032] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치 및 그 방법은, 제1 딥러닝 모델을 기반으로 타이어 주변의 음향신호에 상응하는 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정함으로써, 타이어의 이상 마모와 트레드 파손 및 내구 성능에 대한 모니터링을 가능하게 한다.
- [0033] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치 및 그 방법은, 제1 딥러닝 모델을 기반으로 타이어 주변의 음향신호에 상응하는 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정함으로써, 노면의 상태(블랙아이스, 수막현상, 눈 등)를 주변의 차량들에게 경고할 수 있고, 아울러 노면의 상태에 따른 능동 현

가장치(쇼크업소버, 가변댐퍼)의 제어를 가능하게 한다.

[0034] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치 및 그 방법은, 제2 딥러닝 모델을 기반으로 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도에 상응하는 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정하며, 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 마찰계수를 예측함으로써, SCC(Smart Cruise Control) 시스템, ADAS(Advanced Driver Assistance Systems) 등과 연동할 수 있다.

[0035] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치 및 그 방법은, 제1 딥러닝 모델을 기반으로 타이어 주변의 음향신호에 상응하는 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정하고, 제2 딥러닝 모델을 기반으로 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도에 상응하는 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정하며, 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 마찰계수를 예측함으로써, 자율주행시스템과 연동할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0037] 도 1 은 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 대한 구성도,
 도 2 는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제어부가 노면의 최대마찰계수를 검출하는 과정을 나타내는 일례시도,
 도 3 은 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제어부가 음향신호를 이미지화하는 과정을 나타내는 일례시도,
 도 4 는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제어부가 제1 딥러닝 모델을 기반으로 추정한 노면의 상태 및 종류를 나타내는 일례시도,
 도 5 는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제어부가 생성한 타이어 마모도에 상응하는 타이어 표면 이미지를 나타내는 일례시도,
 도 6a는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제어부가 활용하는 피크 조정인자(ax1)와 마찰계수곡선 간의 관계를 나타내는 일례시도,
 도 6b는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제어부가 활용하는 초기 기울기 조정인자(ax4)와 마찰계수곡선 간의 관계를 나타내는 일례시도,
 도 7 은 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제어부가 생성한 마찰계수곡선에 대한 일례시도,
 도 8a는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제1 딥러닝 모델의 성능을 나타내는 제1 예시도,
 도 8b는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제1 딥러닝 모델의 성능을 나타내는 제2 예시도,
 도 9a는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제1 딥러닝 모델의 추정 성능에 타이어의 공기압이 미치는 영향을 나타내는 제1 예시도,
 도 9b는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제1 딥러닝 모델의 추정 성능에 온도가 미치는 영향을 나타내는 제2 예시도,
 도 9c는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제1 딥러닝 모델의 추정 성능에 온도가 미치는 영향을 나타내는 제3 예시도,
 도 9d는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제1 딥러닝 모델의 추정 성능에 온도가 미치는 영향을 나타내는 제4 예시도,
 도 10 은 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제2 딥러닝 모델의 성능을 나타내는 일례시도,
 도 11 은 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 방법에 대한 흐름도,

도 12 는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 방법을 실행하기 위한 컴퓨팅 시스템을 보여주는 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0038] 이하, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다. 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명의 실시예를 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 실시예에 대한 이해를 방해한다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0039] 본 발명의 실시예의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제 1, 제 2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 또한, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가진 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0040] 도 1 은 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 대한 구성도이다.
- [0041] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치는, 저장부(10), 마이크로폰(20), 출력부(30), 및 제어부(Controller, 40)를 포함할 수 있다. 이때, 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치를 실시하는 방식에 따라 각 구성요소는 서로 결합되어 하나로 구현될 수도 있고, 일부의 구성요소가 생략될 수도 있다.
- [0042] 상기 각 구성요소들에 대해 살펴보면, 먼저 저장부(10)는 제1 딥러닝 모델을 기반으로 타이어 주변의 음향신호에 상응하는 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도(타이어가 마모된 정도)를 추정하고, 제2 딥러닝 모델을 기반으로 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도에 상응하는 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정하며, 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 마찰계수를 예측하는 과정에서 요구되는 각종 로직과 알고리즘 및 프로그램을 저장할 수 있다.
- [0043] 저장부(10)는 학습이 완료된 CNN(Convolution Neural Network) 기반의 제1 딥러닝 모델을 저장할 수 있으며, 아울러 상기 CNN 기반의 제1 딥러닝 모델을 학습시키거나 상기 학습이 완료된 CNN 기반의 제1 딥러닝 모델을 활용하는 과정에서 요구되는 CWT(Continuous Wavelet Transform) 알고리즘을 저장할 수 있다. 이러한 CWT 알고리즘은 타이어 주변의 음향신호(sound signal)를 이미지로 변환하는데 사용될 수 있다.
- [0044] 참고로, 푸리에 변환(Fourier Transform)은 시간에 대한 함수 또는 신호를 주파수 성분으로 분해(decomposition)하는 수학적 기법으로, 어떠한 형태의 신호든 다양한 주파수와 크기를 가지는 사인 곡선들의 합을 통해 표현할 수 있다. 이러한 푸리에 변환을 통해 신호에 존재하는 주파수들을 분석할 수 있는 장점이지만, 시간에 대한 정보가 사라져서 각 주파수가 시간적으로 언제 존재하는 것인지 알 수 없다는 한계가 있다. 따라서, 시간마다 주파수가 변하는 신호를 제대로 분석하기 어려운 단점이 있다. 이는 마치 악보에 음표가 시간의 흐름에 따라 배열되는 것이 아니라 음의 높이(주파수)에 따라 배열되어 있는 것과 같아, 곡에 어떤 음들이 들어있는지는 알 수 있지만 실제로 이 음들이 어떤 음악을 구성하는지는 알 수 없다. 이에 반해, CWT는 고주파 성분의 신호에 대해서는 시간 해상도를 높이고 주파수 해상도를 낮추는 반면, 저주파 성분의 신호에 대해서는 주파수 해상도를 높이고 시간 해상도를 낮춘다. 시간적으로 무한한 사인곡선을 기본함수로 사용하는 푸리에 변환과 달리, CWT는 시간적으로 한정되어 있는 웨이블릿 함수를 기본함수로 사용한다. CWT의 핵심은 웨이블릿을 스케일링(시간에 대해 확장 또는 축소)하고 시프팅(시간축으로 이동)함으로써, 신호를 분석해 낼 수 있다는 것이다.
- [0045] 저장부(10)는 학습이 완료된 CNN(Convolution Neural Network) 기반의 제2 딥러닝 모델을 저장할 수 있으며, 아울러 상기 CNN 기반의 제1 딥러닝 모델을 통해 추정된 타이어 마모도에 상응하는 타이어 표면 형상(이미지)을 생성하는데 이용되는 알고리즘을 저장할 수 있다. 이때, 상기 제2 딥러닝 모델은 제1 딥러닝 모델을 통해 추정된 노면의 상태와 종류 그리고 타이어 표면 형상에 기초하여, 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정할 수 있다. 상기 마찰계수곡선의 가로축은 슬립률(%)을 나타내고 세로축은 마찰계수(coefficient of friction)을 나타내는 다이어그램(diagram)으로서, 일반적으로 널리 알려진 매직 포뮬러(Magic Formula) 공

식에 기초하여 생성될 수 있다. 이러한 매직 포물러 공식은 하기의 [수학식 1]과 같다.

[0046] [수학식 1]

$$y = D \times \sin \{ C \times \arctan [Bx - E \times (Bx - \arctan (Bx))] \}$$

[0048] 여기서, B는 원점에서의 기울기를 결정하는 강성(stiffness) 조정인자를 나타내고, C는 사인함수의 전체 형태를 결정하는 형태 조정인자를 나타내며, D는 마찰계수곡선의 최고점을 결정하는 피크 조정인자를 나타내고, B와 C 및 D의 곱(BCD)은 마찰계수곡선의 초기 기울기 조정인자를 나타낸다.

[0049] 저장부(10)는 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 최대마찰계수 (μ -peak)를 예측하는 알고리즘을 저장할 수 있다. 참고로, 제동력이 타이어의 노면 마찰력보다 충분히 커서 슬립비(slip ratio)가 1을 넘어 가면 차량은 움직이는데 휠은 정지한 상태가 된다. 이 상태를 휠이 잠겼다고(wheel locking)표현하며, 제동에서 가장 위험한 상태로서 차량의 조향이 불가능한 상태가 되어 차량이 어디로 진행할지 예측이 불가능하게 된다. 상기 최대마찰계수는 차량에 장착된 타이어의 제동거리를 결정하는 중요한 특성치로서, 휠이 잠기기 직전의 마찰계수를 나타낸다.

[0050] 이러한 저장부(10)는 플래시 메모리 타입(flash memory type), 하드디스크 타입(hard disk type), 마이크로 타입(micro type), 및 카드 타입(예컨대, SD 카드(Secure Digital Card) 또는 XD 카드(eXtream Digital Card)) 등의 메모리와, 램(RAM, Random Access Memory), SRAM(Static RAM), 롬(ROM, Read-Only Memory), PROM(Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable PROM), 자기 메모리(MRAM, Magnetic RAM), 자기 디스크(magnetic disk), 및 광디스크(optical disk) 타입의 메모리 중 적어도 하나의 타입의 기록 매체(storage medium)를 포함할 수 있다.

[0051] 마이크로폰(20)은 일례로 견고한 압력 마이크(Rugged Pressure Microphone)으로 구현될 수 있으며, 차량의 후륜에 배치된 휠 하우징의 전방에 장착되어 타이어에 의해 생성된 음향신호(sound signal)를 측정할 수 있다. 이러한 마이크로폰(20)은 일례로 12800Hz의 샘플링 주파수로 음향신호를 취득할 수 있다.

[0052] 출력부(30)는 제어부(40)에 의해 생성된 마찰계수곡선을 디스플레이할 수 있다. 이때, 상기 마찰계수곡선상의 최대마찰계수를 디스플레이할 수 있다. 이러한 출력부(30)는 최대마찰계수를 외부의 서버로 전송하기 위한 통신 모듈로서, 이동통신모듈, 무선인터넷모듈, 근거리통신모듈 중 적어도 하나를 구비할 수 있다.

[0053] 상기 이동통신모듈은 이동통신을 위한 기술 표준들 또는 통신방식(예를 들어, GSM(Global System for Mobile communication), CDMA(Code Division Multi Access), CDMA2000(Code Division Multi Access 2000), EV-DO(Enhanced Voice-Data Optimized or Enhanced Voice-Data Only), WCDMA(Wideband CDMA), HSDPA(High Speed Downlink Packet Access), HSUPA(High Speed Uplink Packet Access), LTE(Long Term Evolution), LTEA(Long Term Evolution-Advanced) 등), 4G(4th Generation mobile telecommunication), 5G(5th Generation mobile telecommunication)에 따라 구축된 이동통신망을 상기 외부의 서버 또는 타 차량과 통신할 수 있다.

[0054] 상기 무선인터넷모듈은 무선인터넷 접속을 위한 모듈로서, WLAN(Wireless LAN), Wi-Fi(Wireless-Fidelity), Wi-Fi(Wireless Fidelity) Direct, DLNA(Digital Living Network Alliance), WiBro(Wireless Broadband), WiMAX(World Interoperability for Microwave Access), HSDPA(High Speed Downlink Packet Access), HSUPA(High Speed Uplink Packet Access), LTE(Long Term Evolution), LTE-A(Long Term Evolution-Advanced) 등을 통해 상기 외부의 서버 또는 타 차량과 통신할 수 있다.

[0055] 상기 근거리통신모듈은 블루투스(Bluetooth™), RFID(Radio Frequency Identification), 적외선 통신(Infrared Data Association; IrDA), UWB(Ultra Wideband), ZigBee, NFC(Near Field Communication), Wireless USB(Wireless Universal Serial Bus) 기술 중 적어도 하나를 이용하여 근거리 통신을 지원할 수 있다.

[0056] 제어부(40)는 상기 각 구성요소들이 제 기능을 정상적으로 수행할 수 있도록 전반적인 제어를 수행할 수 있다. 이러한 제어부(40)는 하드웨어의 형태로 구현되거나, 또는 소프트웨어의 형태로 구현되거나, 또는 하드웨어 및 소프트웨어가 결합된 형태로 구현될 수 있다. 바람직하게는, 제어부(40)는 마이크로프로세서로 구현될 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.

[0057] 특히, 제어부(40)는 제1 딥러닝 모델을 기반으로 타이어 주변의 음향신호에 상응하는 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정하고, 제2 딥러닝 모델을 기반으로 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도에 상응하는

마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정하며, 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 마찰계수를 예측하는 과정에서 각종 제어를 수행할 수 있다.

- [0058] 제어부(40)는 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 마찰계수곡선을 생성하고, 상기 마찰계수곡선 상에서 최대마찰계수를 검출할 수도 있다.
- [0059] 제어부(40)는 제1 딥러닝 모델을 학습시키거나 학습이 완료된 제1 딥러닝 모델을 활용하는 과정에서, CWT(Continuous Wavelet Transform) 알고리즘을 기반으로 타이어 주변의 음향신호(sound signal)를 이미지로 변환하고, 상기 변환된 이미지를 정규화(rescale)할 수 있다.
- [0060] 제어부(40)는 상기 제1 딥러닝 모델을 통해 추정된 타이어 마모도에 상응하는 타이어의 표면 형상(이미지)을 생성할 수 있다.
- [0061] 제어부(40)는 제1 딥러닝 모델을 통해 추정된 노면의 상태와 종류 그리고 타이어의 표면 형상을 제2 딥러닝 모델에 입력하여, 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정하고, 상기 매직 포물러 공식을 기반으로 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 상응하는 마찰계수곡선을 생성할 수 있다. 이때, 마찰계수곡선은 예측된 곡선이다.
- [0062] 제어부(40)는 마찰계수곡선 상에서 최대마찰계수를 검출할 수 있다.
- [0063] 제어부(40)는 타이어에 의해 생성된 음향신호(sound signal)를 측정하도록 마이크로폰(20)을 제어할 수 있다.
- [0064] 제어부(40)는 마찰계수곡선을 디스플레이하거나 외부의 서버로 전송하도록 출력부(30)를 제어할 수 있다.
- [0065] 제어부(40)는 마찰계수곡선상의 최대마찰계수를 디스플레이하거나 외부의 서버로 전송하도록 출력부(30)를 제어할 수 있다.
- [0066] 이하, 도 2 내지 도 7을 참조하여 제어부(40)의 동작에 대해 상세히 살펴보기로 한다.
- [0067] 도 2 는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제어부가 노면의 최대마찰계수를 검출하는 과정을 나타내는 일예시도이고, 도 3 은 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제어부가 음향신호를 이미지화하는 과정을 나타내는 일예시도이며, 도 4 는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제어부가 제1 딥러닝 모델을 기반으로 추정한 노면의 상태 및 종류를 나타내는 일예시도이며, 도 5 는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제어부가 생성한 타이어 마모도에 상응하는 타이어 표면 이미지를 나타내는 일예시도이다.
- [0068] 도 2에 도시된 바와 같이, 먼저 제어부(40)는 마이크로폰(20)을 통해 취득한 음향신호(Sound Signal)를 이미지화할 수 있다(210). 이때, 제어부(40)는 도 3에 도시된 바와 같은 전처리 과정을 수행할 수 있다. 즉, 제어부(40)는 마이크로폰(20)을 통해 취득한 음향신호(310)를 기 설정된 시간(일례로, 0.15초) 단위로 분할한다. 이후, 제어부(40)는 CWT 알고리즘을 기반으로 상기 분할한 음향신호(320)를 이미지화한다. 즉, 제어부(40)는 상기 분할한 음향신호(320)에 상응하는 3차원 이미지(330)를 생성한다. 이후, 제어부(40)는 상기 이미지(330)를 정규화(rescale)한다. 즉, 제어부(40)는 상기 이미지(330)에서 기 설정된 주파수 구간(일례로, 0Hz~200Hz)에 상응하는 영역을 잘라내고, 나머지 영역(관심영역)을 기 설정된 사이즈(일례로, 224×224×3)의 이미지로 정규화한다.
- [0069] 이후, 제어부(40)는 제1 딥러닝 모델에 기초하여 상기 정규화된 이미지에 상응하는 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정할 수 있다(220). 여기서, 도 4에 도시된 바와 같이 노면의 상태(410)는 건조한 상태(Dry), 젖은 상태(Wet), 눈이 온 상태(snow), 얼음이 얼은 상태(Ice) 등을 포함할 수 있고, 노면의 종류(420)는 새로운 아스팔트(Asphalt 1), 오래된 아스팔트(Asphalt 2), 제1 콘크리트(Concrete 1), 제2 콘크리트(Concrete 2), 횡방향 그루브(Lateral Groove), 종방향 그루브(일례로, Rain Groove) 등을 포함할 수 있다.
- [0070] 이후, 제어부(40)는 상기 타이어 마모도에 기초하여 타이어의 표면을 형상화할 수 있다(230). 즉, 제어부(40)는 상기 타이어 마모도에 상응하는 타이어 표면 이미지를 생성할 수 있다. 일례로, 도 5에 도시된 바와 같이 '510'은 제1 타이어 마모도(일례로, 0mm)에 상응하는 제1 타이어 표면 이미지를 나타내고, '520'은 제2 타이어 마모도(일례로, 2mm)에 상응하는 제2 타이어 표면 이미지를 나타내며, '530'은 제3 타이어 마모도(일례로, 4mm)에 상응하는 제3 타이어 표면 이미지를 나타내고, '540'은 제4 타이어 마모도(일례로, 6mm)에 상응하는 타이어 표면 이미지를 나타낸다.
- [0071] 이후, 제어부(40)는 제2 딥러닝 모델에 기초하여 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 표면 이미지에 상응하는

마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정할 수 있다(240). 이때, 상기 제2 딥러닝 모델은 건조한 상태(Dry)의 노면에서 높은 값의 피크 조정인자를 출력하고, 젖은 상태(Wet)의 노면에서 낮은 값의 피크 조정인자를 출력한다. 또한, 상기 제2 딥러닝 모델은 타이어 마모도가 커질수록 블록 강성이 약해져 높은 값의 초기 기울기 조정인자를 출력한다. 여기서, 피크 조정인자가 마찰계수곡선에 미치는 영향은 도 6a에 도시된 바와 같고, 초기 기울기 조정인자가 마찰계수곡선에 미치는 영향은 도 6b에 도시된 바와 같다.

- [0072] 도 6a는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제어부가 활용하는 피크 조정인자(ax1)와 마찰계수곡선 간의 관계를 나타내는 일예시도이다.
- [0073] 도 6a에 도시된 바와 같이, 피크 조정인자(ax1)의 비율(%)이 높을수록 마찰계수곡선의 피크값(최대마찰계수)이 낮아지는 것을 알 수 있다. 따라서, 피크 조정인자(ax1)의 비율이 60%인 마찰계수곡선, 100%인 마찰계수곡선, 140%인 마찰계수곡선, 200%인 마찰계수곡선의 순서로 높은 최대마찰계수를 갖는다.
- [0074] 도 6b는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제어부가 활용하는 초기 기울기 조정인자(ax4)와 마찰계수곡선 간의 관계를 나타내는 일예시도이다.
- [0075] 도 6b에 도시된 바와 같이, 초기 기울기 조정인자(ax4)의 비율(%)이 높을수록 마찰계수곡선의 초기 기울기가 커지는 것을 알 수 있다. 따라서, 초기 기울기 조정인자가 200%인 마찰계수곡선, 140%인 마찰계수곡선, 100%인 마찰계수곡선, 60%인 마찰계수곡선의 순서로 높은 초기 기울기를 갖는다.
- [0076] 이후, 제어부(40)는 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 마찰계수곡선을 생성할 수 있다(250). 이렇게 생성된 마찰계수곡선은 일례로 도 7에 도시된 바와 같다.
- [0077] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제어부가 생성한 마찰계수곡선에 대한 일예시도이다.
- [0078] 도 7에 도시된 바와 같이, 가로축은 슬립률(%)을 나타내고, 세로축은 마찰계수를 나타낸다. 또한, '710'은 건조한 상태(dry)에서의 마찰계수곡선을 나타내고, '720'은 젖은 상태(wet)에서의 마찰계수곡선을 나타내며, '730'은 건조한 콘크리트에서의 마찰계수곡선을 나타내고, '740'은 젖은 자갈길에서의 마찰계수곡선을 나타내며, '750'은 건조한 자갈길에서의 마찰계수곡선을 나타내고, '760'은 눈길에서의 마찰계수곡선을 나타내며, '770'은 빙판길에서의 마찰계수곡선을 나타낸다.
- [0079] 이후, 제어부(40)는 각 마찰계수곡선(710, 720, 730, 740, 750, 760, 770)에서 최대마찰계수를 검출할 수 있다(260). 이때, 상기 각 마찰계수곡선은 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 기반으로 예측된 것이므로, 상기 각 마찰계수곡선에서 최대마찰계수를 검출하는 것은 상기 각 마찰계수곡선에서 최대마찰계수를 예측하는 것을 의미한다.
- [0080] 이하, 도 8a 및 도 8b를 참조하여 제1 딥러닝 모델의 성능 검증 결과에 대해 살펴보기로 한다.
- [0081] 먼저, 제1 딥러닝 모델의 성능을 검증하는데 이용되는 노면의 조건으로서, 눈(Snow, ①), 건조한 아스팔트(Dry Asphalt, ②), 젖은 뉴 아스팔트(Wet New Asphalt, ③), 건조한 뉴 콘크리트(Dry New Concrete, ④), 건조한 올드 콘크리트(Dry Old Concrete, ⑤), 젖은 뉴 콘크리트(Wet New Concrete, ⑥), 건조한 콘크리트 횡방향 그루브(Dry Concrete Horizontal Groove, ⑦)를 설정하였다. 이러한 노면의 조건들에서 제1 딥러닝 모델의 추정 결과는 도 8a 및 도 8b에 도시된 바와 같다.
- [0082] 도 8a는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제1 딥러닝 모델의 성능을 나타내는 제1 예시도로서, 4계절용 타이어가 장착된 차량에서의 추정 결과를 나타낸다.
- [0083] 먼저, 제1 딥러닝 모델이 건조한 아스팔트(②)를 정확하게 추정해 낸 횟수는 773번이고, 그렇게 추정하지 않은 나머지 27번 중에서 1번은 건조한 콘크리트 횡방향 그루브(⑦)로 추정하고, 1번은 건조한 뉴 콘크리트(④)로 추정하고, 25번은 건조한 올드 콘크리트(⑤)로 추정한 것을 알 수 있다. 따라서, 건조한 아스팔트(②)에 대한 추정 정확도는 96.6%이고 오류율은 3.4%이다.
- [0084] 다음으로, 제1 딥러닝 모델이 건조한 콘크리트 횡방향 그루브(⑦)를 정확하게 추정해 낸 횟수는 797번이고, 그렇게 추정하지 않은 나머지 3번은 건조한 아스팔트(②)로 추정한 것을 알 수 있다. 따라서, 건조한 콘크리트 횡방향 그루브(⑦)에 대한 추정 정확도는 99.6%이고 오류율은 0.4%이다.
- [0085] 다음으로, 제1 딥러닝 모델이 건조한 뉴 콘크리트(④)를 정확하게 추정해 낸 횟수는 800번이고, 그렇게 추정하지 않은 경우는 없는 것을 알 수 있다. 따라서, 건조한 뉴 콘크리트(④)에 대한 추정 정확도는 100%이다.

- [0086] 다음으로, 제1 딥러닝 모델이 건조한 올드 콘크리트(⑤)를 정확하게 추정해 낸 횟수는 747번이고, 그렇게 추정하지 않은 나머지 53번 중에서 47번은 건조한 아스팔트(②)로 추정하고, 6번은 건조한 뉴 콘크리트(④)로 추정할 것을 알 수 있다. 따라서, 건조한 올드 콘크리트(⑤)에 대한 추정 정확도는 93.4%이고 오류율은 6.6%이다.
- [0087] 다음으로, 제1 딥러닝 모델이 눈(①)을 정확하게 추정해 낸 횟수는 800번이고, 그렇게 추정하지 않은 경우는 없는 것을 알 수 있다. 따라서, 눈(①)에 대한 추정 정확도는 100%이다.
- [0088] 다음으로, 제1 딥러닝 모델이 젖은 뉴 아스팔트(③)를 정확하게 추정해 낸 횟수는 772번이고, 그렇게 추정하지 않은 나머지 28번은 젖은 뉴 콘크리트(⑥)로 추정한 것을 알 수 있다. 따라서, 젖은 뉴 아스팔트(③)에 대한 추정 정확도는 96.5%이고 오류율은 3.5%이다.
- [0089] 다음으로, 제1 딥러닝 모델이 젖은 뉴 콘크리트(⑥)를 정확하게 추정해 낸 횟수는 783번이고, 그렇게 추정하지 않은 나머지 17번 중에서 1번은 건조한 뉴 콘크리트(④)로 추정하고, 16번은 젖은 뉴 아스팔트(③)로 추정한 것을 알 수 있다. 따라서, 젖은 뉴 콘크리트(⑥)에 대한 추정 정확도는 97.9%이고 오류율은 2.1%이다.
- [0090] 최종적으로, 4계절용 타이어를 장착한 차량에서 제1 딥러닝 모델의 토탈 추정 정확도는 97.7003%가 된다.
- [0091] 도 8b는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제1 딥러닝 모델의 성능을 나타내는 제2 예시도로서, 여름용 타이어가 장착된 차량에서의 추정 결과를 나타낸다.
- [0092] 먼저, 제1 딥러닝 모델이 건조한 아스팔트(②)를 정확하게 추정해 낸 횟수는 787번이고, 그렇게 추정하지 않은 13번은 건조한 올드 콘크리트(⑤)로 추정한 것을 알 수 있다. 따라서, 건조한 아스팔트(②)에 대한 추정 정확도는 98.4%이고 오류율은 1.6%이다.
- [0093] 다음으로, 제1 딥러닝 모델이 건조한 뉴 콘크리트(④)를 정확하게 추정해 낸 횟수는 795번이고, 그렇게 추정하지 않은 나머지 5번 중에서 2번은 건조한 아스팔트(②)로 추정하고, 2번은 건조한 올드 콘크리트(⑤)로 추정하고, 1번은 젖은 뉴 콘크리트(⑥)로 추정한 것을 알 수 있다. 따라서, 건조한 뉴 콘크리트(④)에 대한 추정 정확도는 99.4%이고 오류율은 0.6%이다.
- [0094] 다음으로, 제1 딥러닝 모델이 건조한 올드 콘크리트(⑤)를 정확하게 추정해 낸 횟수는 788번이고, 그렇게 추정하지 않은 12번은 건조한 아스팔트(②)로 추정한 것을 알 수 있다. 따라서, 건조한 올드 콘크리트(⑤)에 대한 추정 정확도는 98.5%이고 오류율은 1.5%이다.
- [0095] 다음으로, 제1 딥러닝 모델이 젖은 뉴 아스팔트(③)를 정확하게 추정해 낸 횟수는 788번이고, 그렇게 추정하지 않은 12번은 젖은 뉴 콘크리트(⑥)로 추정한 것을 알 수 있다. 따라서, 젖은 뉴 아스팔트(③)에 대한 추정 정확도는 98.5%이고 오류율은 1.5%이다.
- [0096] 다음으로, 제1 딥러닝 모델이 젖은 뉴 콘크리트(⑥)를 정확하게 추정해 낸 횟수는 785번이고, 그렇게 추정하지 않은 나머지 15번 중에서 5번은 건조한 뉴 콘크리트(④)로 추정하고, 10번은 젖은 뉴 아스팔트(③)로 추정한 것을 알 수 있다. 따라서, 젖은 뉴 콘크리트(⑥)에 대한 추정 정확도는 98.1%이고 오류율은 1.9%이다.
- [0097] 최종적으로, 여름용 타이어를 장착한 차량에서 제1 딥러닝 모델의 토탈 추정 정확도는 98.575%가 된다.
- [0098] 한편, 제1 딥러닝 모델의 추정 정확도에 유의미하게 영향을 미치는 다른 요인이 있는지에 대해서도 검증하였다.
- [0099] 도 9a는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제1 딥러닝 모델의 추정 성능에 타이어의 공기압이 미치는 영향을 나타내는 제1 예시도이다.
- [0100] 먼저, 4계절용 타이어가 장착된 차량이 60kph의 속도로 건조한 아스팔트(②)를 주행하고 있는 상태에서, 공기압을 조절해 가면서 획득한 주파수별 음향신호의 세기는 도 9a에 도시된 바와 같다.
- [0101] 도 9a에 도시된 바와 같이, 제1 딥러닝 모델의 소스 데이터인 주파수별 음향신호의 세기는 타이어의 공기압이 가변되어도 큰 변화가 없는 바, 이로 인해 제1 딥러닝 모델의 추정 정확도 역시 각 공기압별로 미세한 차이를 보일 뿐, 제1 딥러닝 모델의 추정 정확도에 유의미하게 영향을 미치지 않는다.
- [0102] 도 9b는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제1 딥러닝 모델의 추정 성능에 온도가 미치는 영향을 나타내는 제2 예시도이다.
- [0103] 먼저, 4계절용 타이어가 장착된 차량이 60kph의 속도로 건조한 아스팔트(②)를 주행하고 있는 상태에서, 노면온도가 46.5℃이고 대기온도가 22℃인 경우와, 노면온도가 55℃이고 대기온도가 29℃인 경우 각각에서 획득한 주

파수별 음향신호의 세기는 도 9b에 도시된 바와 같다.

- [0104] 도 9b에 도시된 바와 같이, 제1 딥러닝 모델의 소스 데이터인 주파수별 음향신호의 세기는 온도가 가변되어도 큰 변화가 없는 바, 이로 인해 제1 딥러닝 모델의 추정 정확도 역시 각 온도별로 미세한 차이를 보일 뿐, 제1 딥러닝 모델의 추정 정확도에 유의미하게 영향을 미치지 않는다.
- [0105] 도 9c는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제1 딥러닝 모델의 추정 성능에 온도가 미치는 영향을 나타내는 제3 예시도이다.
- [0106] 먼저, 4계절용 타이어가 장착된 차량이 60kph의 속도로 주행하고 있는 상태에서 획득한 주파수별 음향신호의 세기와, 여름용 타이어가 장착된 차량이 60kph의 속도로 주행하고 있는 상태에서 획득한 주파수별 음향신호의 세기는 도 9c에 도시된 바와 같다.
- [0107] 도 9c에 도시된 바와 같이, 제1 딥러닝 모델의 소스 데이터인 주파수별 음향신호의 세기는 타이어의 종류에 따라 큰 변화가 없는 바, 이로 인해 제1 딥러닝 모델의 추정 정확도 역시 타이어의 종류별로 미세한 차이를 보일 뿐, 제1 딥러닝 모델의 추정 정확도에 유의미하게 영향을 미치지 않는다.
- [0108] 도 9d는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제1 딥러닝 모델의 추정 성능에 온도가 미치는 영향을 나타내는 제4 예시도이다.
- [0109] 도 9d에 도시된 바와 같이, 여름용 타이어가 2mm 마모된 상태에서 제1 딥러닝 모델의 추정 정확도는 96.70%이고, 여름용 타이어가 4mm 마모된 상태에서 제1 딥러닝 모델의 추정 정확도는 95.07%이며, 4계절용 타이어가 2mm 마모된 상태에서 제1 딥러닝 모델의 추정 정확도는 90.10%이고, 4계절용 타이어가 4mm 마모된 상태에서 제1 딥러닝 모델의 추정 정확도는 89.65%이다.
- [0110] 따라서, 각 타이어별 마모도에 따라 제1 딥러닝 모델의 추정 정확도에 큰 차이가 없는 바, 타이어의 마모도는 제1 딥러닝 모델의 추정 정확도에 유의미하게 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.
- [0111] 도 10 은 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제2 딥러닝 모델의 성능을 나타내는 일예시도이다.
- [0112] 도 10에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 장치에 구비된 제2 딥러닝 모델의 예측 결과는 실측 결과와 유사한 것을 알 수 있다. 즉, 마른 노면에서 제2 딥러닝 모델의 예측 결과는 실측 결과와 유사하고, 아슬러 젖은 노면에서 제2 딥러닝 모델의 예측 결과는 실측 결과와 유사하다.
- [0113] 예를 들어, 마른 노면상에서 새 타이어가 장착된 차량을 대상으로, 제2 딥러닝 모델이 추정한 피트 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 상응하는 예측 마찰계수곡선은 실측 마찰계수곡선(1001)과 유사하고, 마른 노면상에서 2mm 마모된 타이어가 장착된 차량을 대상으로, 제2 딥러닝 모델이 추정한 피트 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 상응하는 예측 마찰계수곡선은 실측 마찰계수곡선(1002)과 유사하며, 4mm 마모된 타이어가 장착된 차량을 대상으로, 마른 노면상에서 제2 딥러닝 모델이 추정한 피트 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 상응하는 예측 마찰계수곡선은 실측 마찰계수곡선(1003)과 유사하다.
- [0114] 다른 예로, 젖은 노면상에서 새 타이어가 장착된 차량을 대상으로, 제2 딥러닝 모델이 추정한 피트 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 상응하는 예측 마찰계수곡선은 실측 마찰계수곡선(1004)과 유사하고, 젖은 노면상에서 2mm 마모된 타이어가 장착된 차량을 대상으로, 제2 딥러닝 모델이 추정한 피트 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 상응하는 예측 마찰계수곡선은 실측 마찰계수곡선(1005)과 유사하며, 4mm 마모된 타이어가 장착된 차량을 대상으로, 젖은 노면상에서 제2 딥러닝 모델이 추정한 피트 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 상응하는 예측 마찰계수곡선은 실측 마찰계수곡선(1006)과 유사하다.
- [0115] 도 11 은 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 방법에 대한 흐름도이다.
- [0116] 먼저, 마이크로폰(20)이 차량에 장착된 타이어 주변의 음향신호를 취득한다(1101).
- [0117] 이후, 제어부(40)가 제1 딥러닝 모델을 기반으로, 상기 타이어 주변의 음향신호에 상응하는 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도를 추정한다(1102).
- [0118] 이후, 제어부(40)가 제2 딥러닝 모델을 기반으로, 상기 노면의 상태와 종류 및 타이어 마모도에 상응하는 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자를 추정한다(1103).
- [0119] 이후, 제어부(40)가 상기 마찰계수곡선의 피크 조정인자와 초기 기울기 조정인자에 기초하여 마찰계수를 예측한

다(1104).

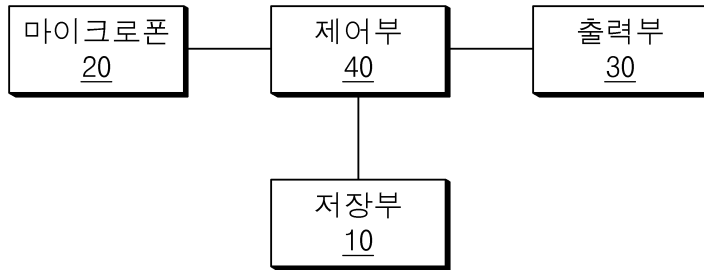
- [0120] 도 12 는 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 방법을 실행하기 위한 컴퓨팅 시스템을 보여주는 블록도이다.
- [0121] 도 12를 참조하면, 상술한 본 발명의 일 실시예에 따른 노면의 마찰계수 예측 방법은 컴퓨팅 시스템을 통해서도 구현될 수 있다. 컴퓨팅 시스템(1000)은 시스템 버스(1200)를 통해 연결되는 적어도 하나의 프로세서(1100), 메모리(1300), 사용자 인터페이스 입력 장치(1400), 사용자 인터페이스 출력 장치(1500), 스토리지(1600), 및 네트워크 인터페이스(1700)를 포함할 수 있다.
- [0122] 프로세서(1100)는 중앙 처리 장치(CPU) 또는 메모리(1300) 및/또는 스토리지(1600)에 저장된 명령어들에 대한 처리를 실행하는 반도체 장치일 수 있다. 메모리(1300) 및 스토리지(1600)는 다양한 종류의 휘발성 또는 불휘발성 저장 매체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 메모리(1300)는 ROM(Read Only Memory, 1310) 및 RAM(Random Access Memory, 1320)을 포함할 수 있다.
- [0123] 따라서, 본 명세서에 개시된 실시예들과 관련하여 설명된 방법 또는 알고리즘의 단계는 프로세서(1100)에 의해 실행되는 하드웨어, 소프트웨어 모듈, 또는 그 2 개의 결합으로 직접 구현될 수 있다. 소프트웨어 모듈은 RAM 메모리, 플래시 메모리, ROM 메모리, EPROM 메모리, EEPROM 메모리, 레지스터, 하드 디스크, SSD(Solid State Drive), 착탈형 디스크, CD-ROM과 같은 저장 매체(즉, 메모리(1300) 및/또는 스토리지(1600))에 상주할 수도 있다. 예시적인 저장 매체는 프로세서(1100)에 커플링되며, 그 프로세서(1100)는 저장 매체로부터 정보를 판독할 수 있고 저장 매체에 정보를 기입할 수 있다. 다른 방법으로, 저장 매체는 프로세서(1100)와 일체형일 수도 있다. 프로세서 및 저장 매체는 주문형 집적회로(ASIC) 내에 상주할 수도 있다. ASIC는 사용자 단말기 내에 상주할 수도 있다. 다른 방법으로, 프로세서 및 저장 매체는 사용자 단말기 내에 개별 컴포넌트로서 상주할 수도 있다.
- [0124] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다.
- [0125] 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

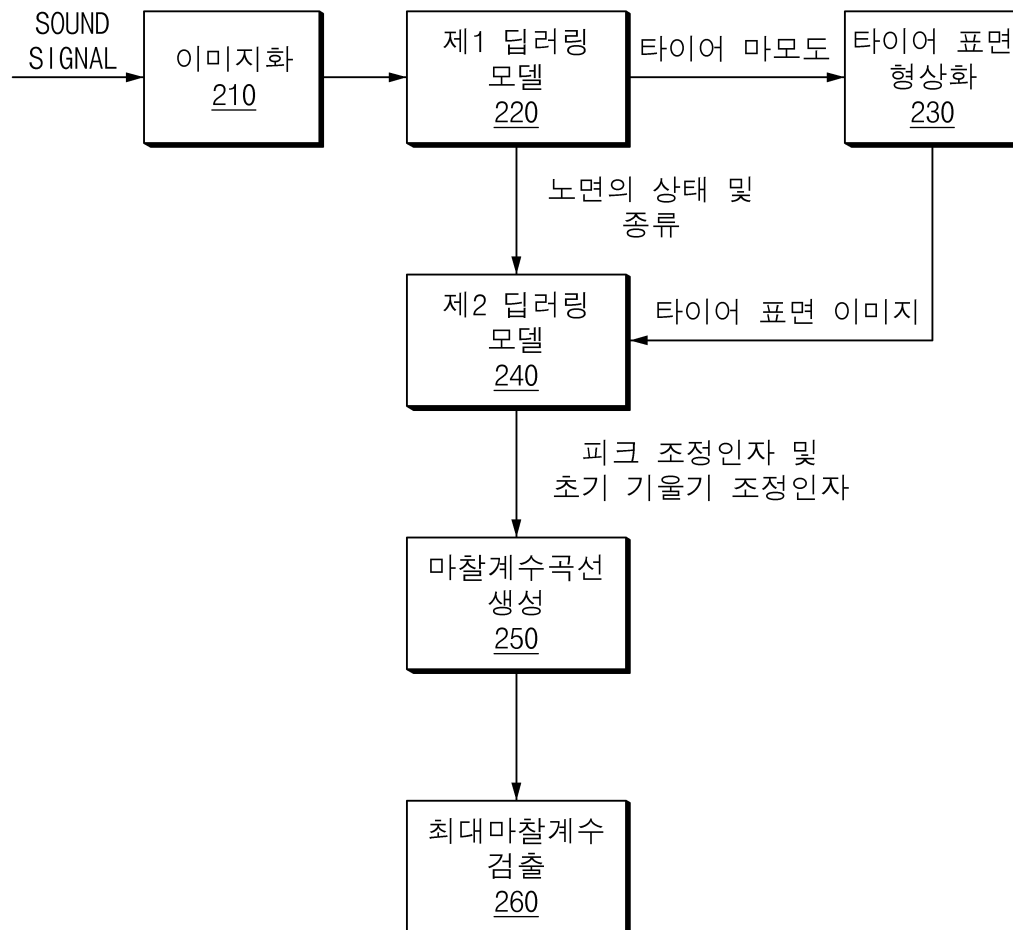
- [0127] 10: 저장부
20: 마이크론
30: 출력부
40: 제어부

도면

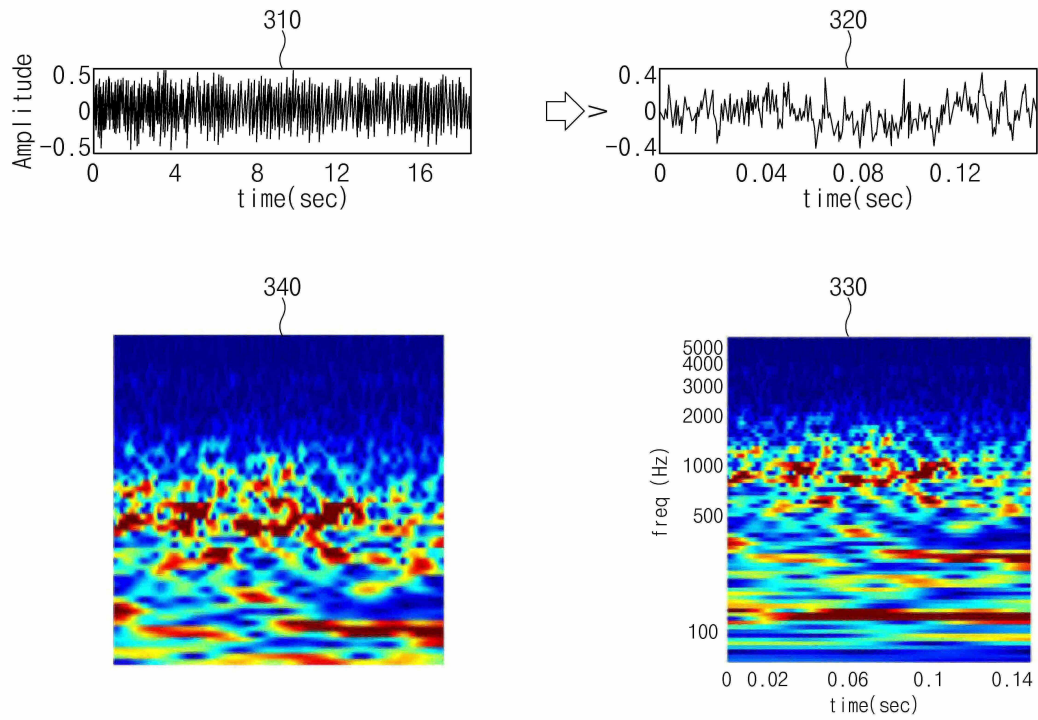
도면1



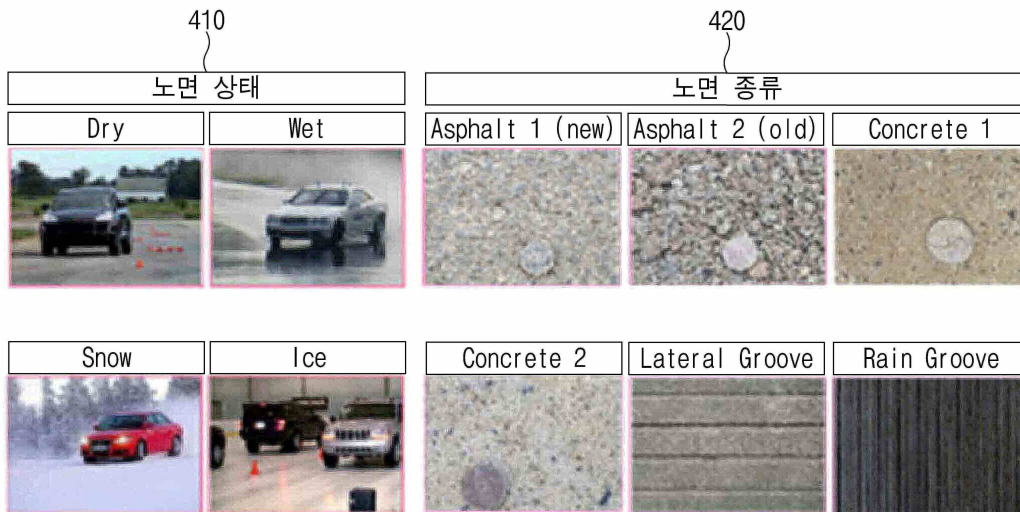
도면2



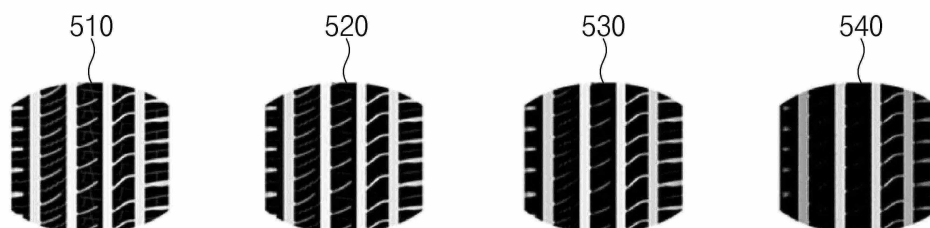
도면3



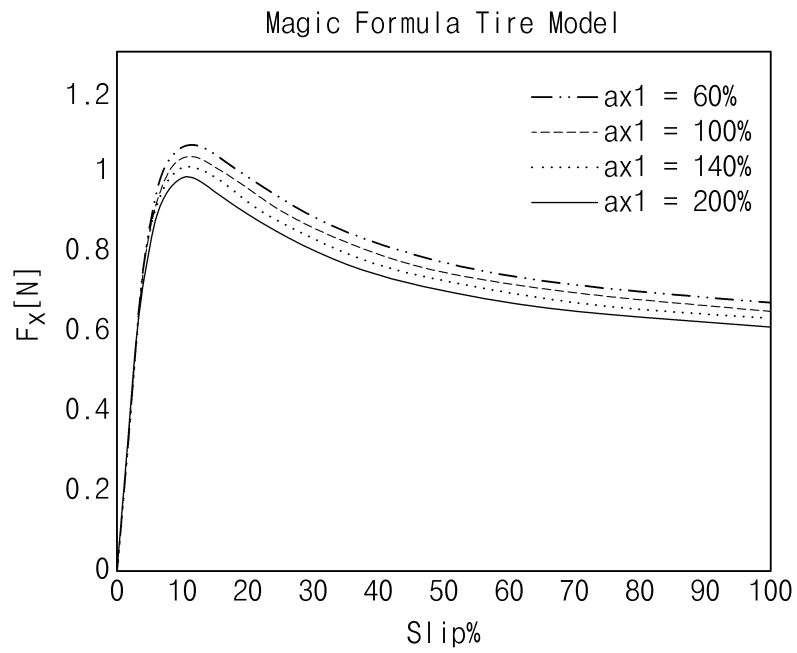
도면4



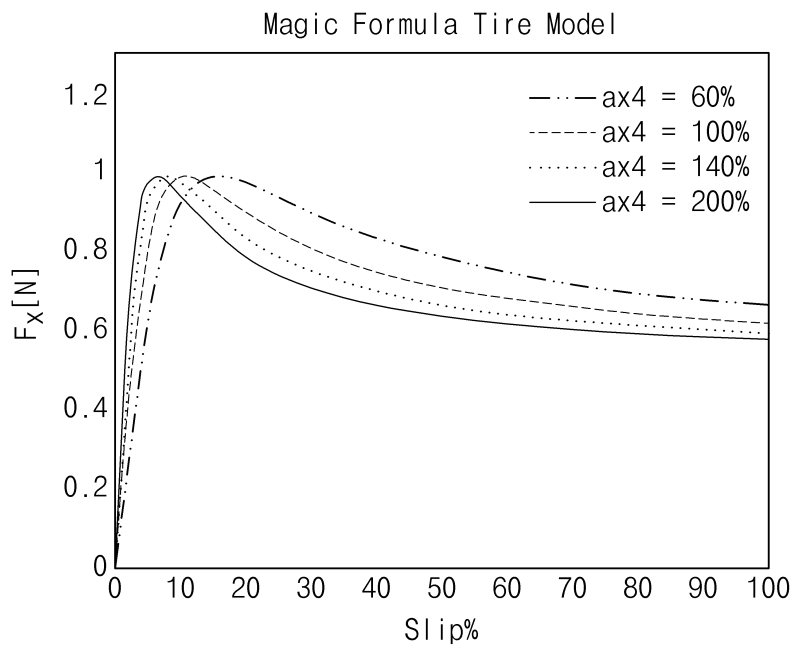
도면5



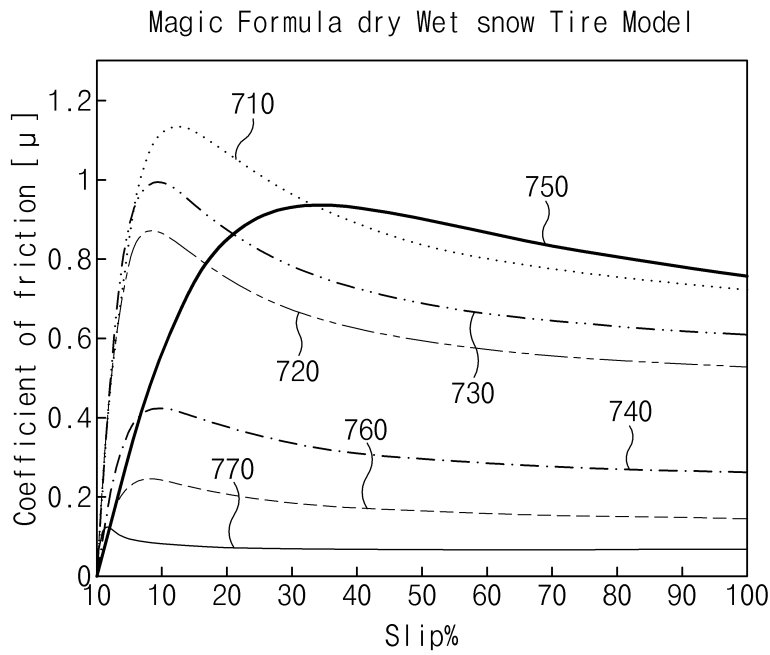
도면6a



도면6b



도면7



도면8a

97.7003%						
②Dry Asphalt	773	3		47		
⑦Dry Concrete : Horizontal Groove	1	797				
④Dry New Concrete	1		800	6		1
⑤Dry Old Concrete	25			747		
①Snow				800		
③Wet New Asphalt					772	16
⑥Wet New Concrete					28	783

96.6%	99.6%	100.0%	93.4%	100.0%	96.5%	97.9%
3.4%	0.4%		6.6%		3.5%	2.1%

Dry Asphalt	Dry Concrete : Horizontal Groove	Dry New Concrete	Dry Old Concrete	Snow	Wet New Asphalt	Wet New Concrete
-------------	----------------------------------	------------------	------------------	------	-----------------	------------------

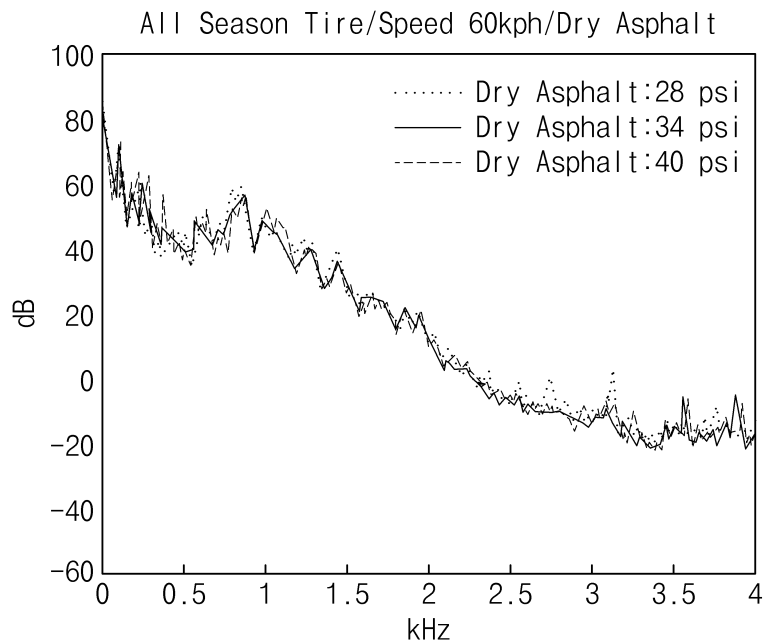
도면8b

	98.575%						
②Dry Asphalt	787	2	12			98.3%	1.7%
④Dry New Concrete		795			5	99.4%	0.6%
⑤Dry Old Concrete	13	2	788			98.1%	1.9%
③Wet New Asphalt				788	10	98.7%	1.3%
⑥Wet New Concrete		1		12	785	98.4%	1.6%

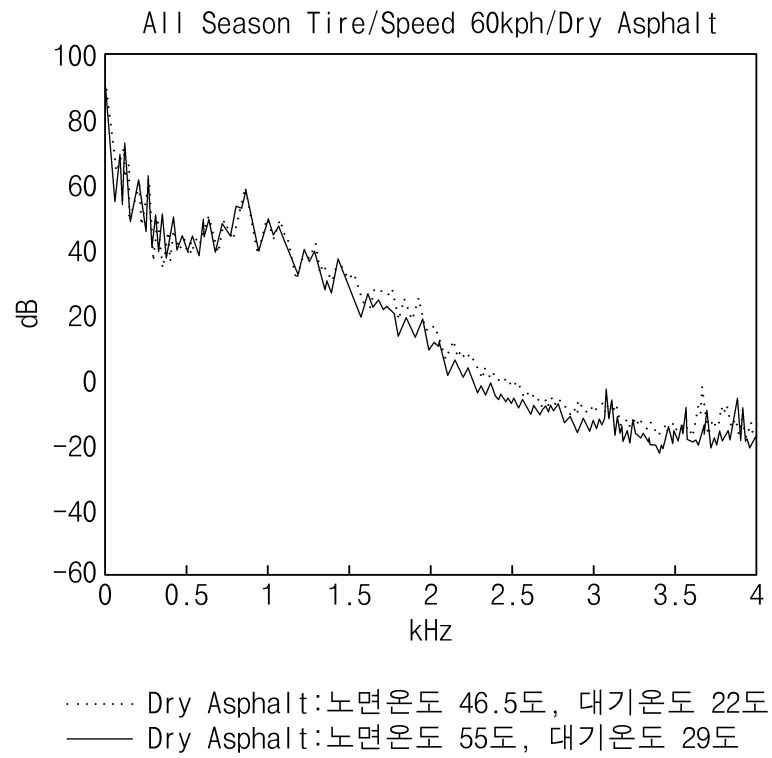
98.4%	99.4%	98.5%	98.5%	98.1%
1.6%	0.6%	1.5%	1.5%	1.9%

Dry Asphalt	Dry New Concrete	Dry Old Concrete	Wet New Asphalt	Wet New Concrete
-------------	------------------	------------------	-----------------	------------------

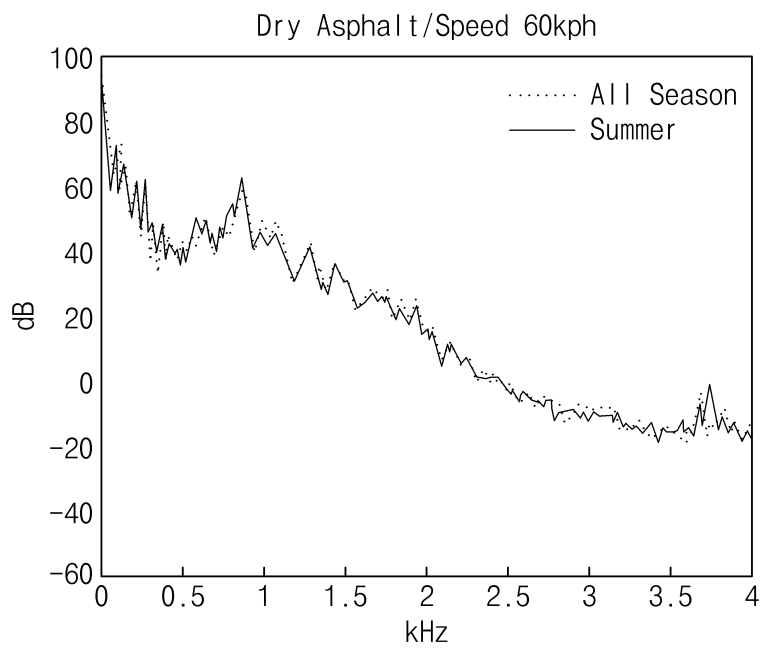
도면9a



도면9b



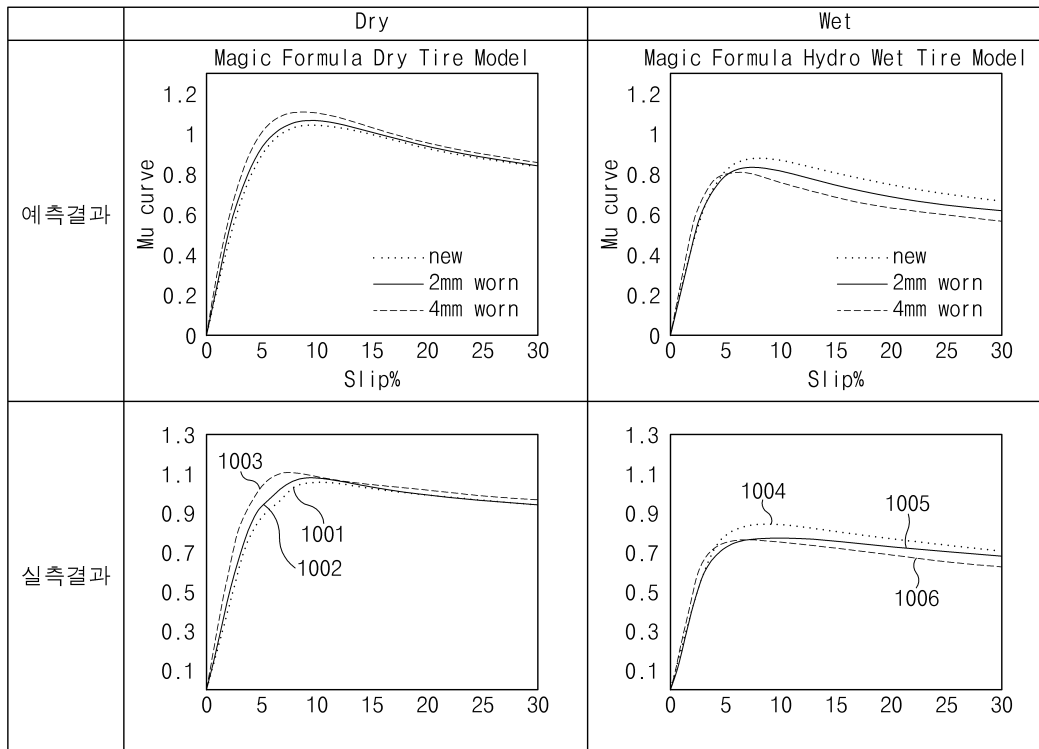
도면9c



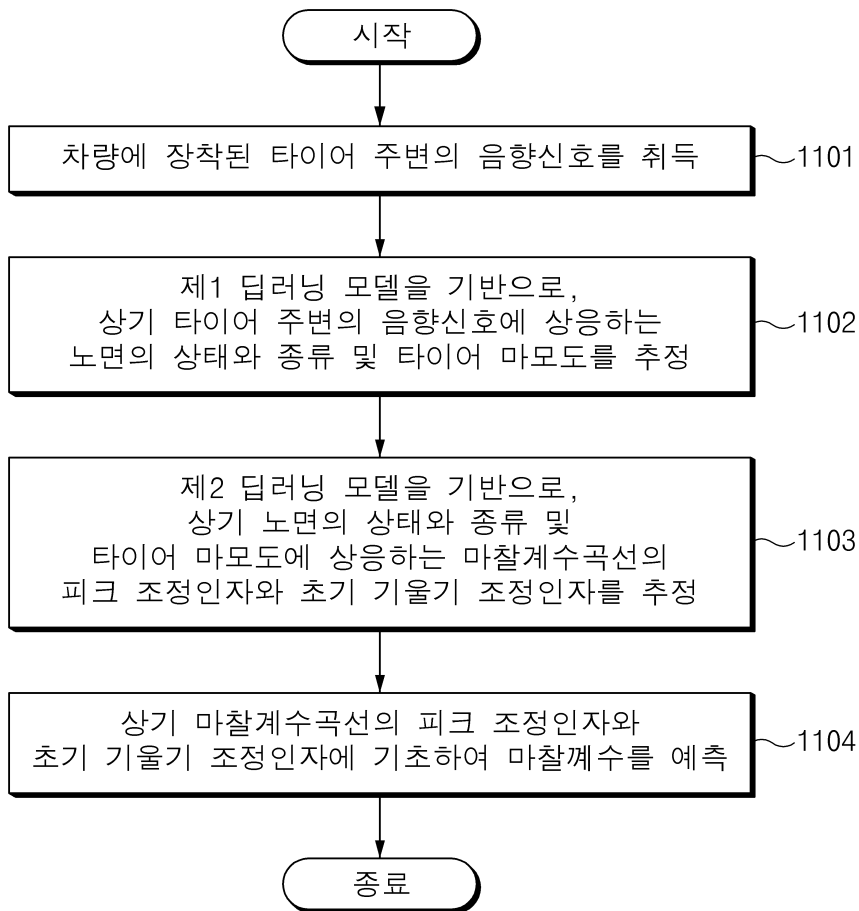
도면9d



도면10



도면11



도면12

