



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0099748
(43) 공개일자 2023년07월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G10K 11/178 (2006.01) G06N 3/04 (2023.01)
G06N 3/08 (2023.01) H04R 3/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G10K 11/178 (2021.08)
B60R 11/0217 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0188616
(22) 출원일자 2021년12월27일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
현대모비스 주식회사
서울특별시 강남구 테헤란로 203 (역삼동)
(72) 발명자
이재영
경기도 용인시 기흥구 마북로240번길 17-2
(74) 대리인
특허법인아주

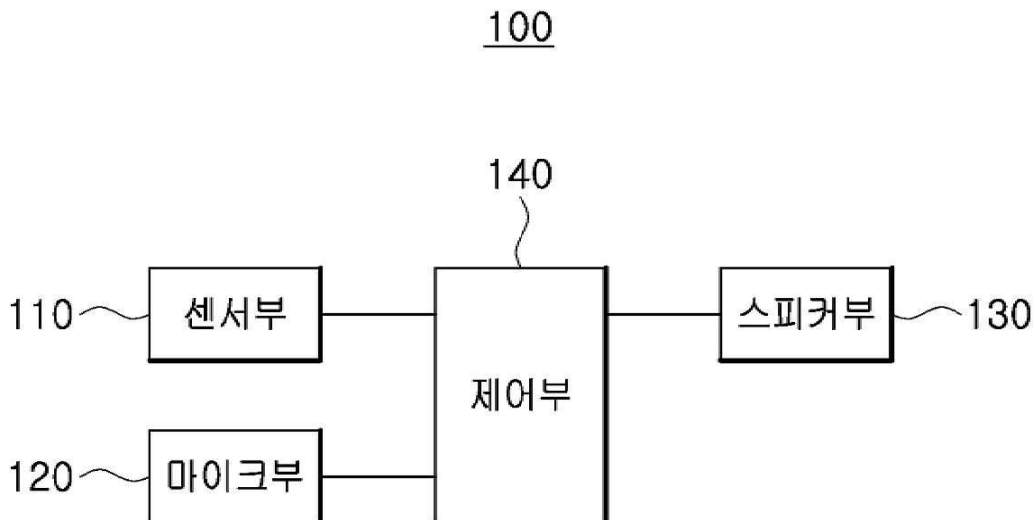
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 차량의 능동 노면 소음 저감 장치 및 방법

(57) 요약

차량의 능동 노면 소음 저감 장치 및 방법이 개시된다. 본 발명의 일 측면에 따른 차량의 능동 노면 소음 저감 장치는, 차량 각 바퀴의 차축에 각각 장착되며 지면 진동을 각각 감지하는 복수의 센서를 포함하는 센서부, 상기 차량의 각 좌석에 장착되며 각각 소음을 측정하는 복수의 마이크를 포함하는 마이크부, 상기 차량의 각 좌석 부근에 장착되는 복수의 스피커를 포함하는 스피커부, 상기 센서부로부터의 진동 신호를 제1 스피커 신호로 변환하고, 상기 제1 스피커 신호를 해당 음파 전달 함수와 컨볼루션(convolution)하여 마이크 모사 신호를 생성하며, 상기 마이크부를 통해 측정된 마이크 실측 신호와 해당 마이크 모사 신호가 동일해지도록 모델을 학습하는 제어부를 포함하되, 상기 스피커부는 상기 제1 스피커 신호의 역위상에 해당하는 제2 스피커 신호를 출력할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B60R 11/0247 (2013.01)

G06N 3/04 (2023.01)

G06N 3/08 (2023.01)

H04R 3/04 (2013.01)

B60R 2011/0012 (2013.01)

B60Y 2306/09 (2013.01)

G10K 2210/1082 (2013.01)

G10K 2210/1282 (2013.01)

G10K 2210/3038 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

차량 각 바퀴의 차축에 각각 장착되며 지면 진동을 각각 감지하는 복수의 센서를 포함하는 센서부;
 상기 차량의 각 좌석에 장착되며 각각 소음을 측정하는 복수의 마이크를 포함하는 마이크부;
 상기 차량의 각 좌석 부근에 장착되는 복수의 스피커를 포함하는 스피커부; 및
 상기 센서부로부터의 진동 신호를 제1 스피커 신호로 변환하고, 상기 제1 스피커 신호를 해당 음파 전달 함수와 컨볼루션(convolution)하여 마이크 모사 신호를 생성하며, 상기 마이크부를 통해 측정된 마이크 실측 신호와 해당 마이크 모사 신호가 동일해지도록 모델을 학습하는 제어부를 포함하되,
 상기 스피커부는,
 상기 제1 스피커 신호의 역위상에 해당하는 제2 스피커 신호를 출력하는 것을 특징으로 하는 차량의 능동 노면 소음 저감 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 제어부는,
 시작 주파수부터 종료 주파수까지 주파수를 변화시키면서 각 스피커를 통해 출력되는 스피커 출력 신호와 각 마이크를 통해 측정된 마이크 신호를 비교하여 각 마이크별 음파 전달 함수를 측정하는 것을 특징으로 하는 차량의 능동 노면 소음 저감 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,
 각 스피커는, 상기 시작 주파수부터 종료 주파수까지 주파수를 변경하면서 정현파의 스피커 출력 신호를 출력하고,
 각 마이크는, 상기 스피커 출력 신호에 의한 소음을 측정하여 마이크 신호를 상기 제어부로 전송하며,
 상기 제어부는,
 상기 마이크 신호와 상기 스피커 출력 신호의 주파수별 크기 및 위상 차이를 기록하고, 상기 종료 주파수에 도달한 경우 상기 기록된 주파수별 크기 및 위상차를 이용하여 주파수 응답을 계산하며, 상기 주파수 응답에 역푸리에 변환(Inverse Fourier Transform)을 수행함으로써, 각 마이크별 음파 전달 함수를 측정하는 것을 특징으로 하는 차량의 능동 노면 소음 저감 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 스피커부는,
 환상 배열(annular array) 모양의 빔 집속 지향성 스피커를 포함하는 것을 특징으로 하는 차량의 능동 노면 소음 저감 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제어부는,

LSTM(Long Short-Term Memory) 오토인코더를 이용하여 상기 모델을 학습하는 것을 특징으로 하는 차량의 능동 노면 소음 저감 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제어부는,

각 센서로부터의 진동 신호를 현재 시점을 포함하여 이전 일정 개수의 샘플(time window)을 상기 모델에 입력하여 상기 제1 스피커 신호를 각각 생성하는 것을 특징으로 하는 차량의 능동 노면 소음 저감 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제어부는,

각 마이크별 마이크 실측 신호와 마이크 모사 신호의 차이를 손실(loss)로 계산하고, 상기 손실이 '0'이 되도록 학습함으로써, 상기 모델의 가중치(weight)를 갱신하는 것을 특징으로 하는 차량의 능동 노면 소음 저감 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제어부는,

SGD(Stochastic Gradient Decent)를 사용하여 상기 모델의 가중치(weight)를 갱신하는 것을 특징으로 하는 차량의 능동 노면 소음 저감 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 마이크 실측 신호와 상기 마이크 모사 신호가 동일해지는 경우, 능동 소음 저감 기능을 활성화시키고, 상기 능동 소음 저감 기능을 통해 상기 제1 스피커 신호의 역위상을 상기 스피커부를 통해 출력되도록 함으로써, 상기 마이크부를 통해 측정된 소음을 제거하는 것을 특징으로 하는 차량의 능동 노면 소음 저감 장치.

청구항 10

제어부가 센서부로부터의 진동 신호에 기초하여 제1 스피커 신호를 생성하는 단계;

상기 제어부가 상기 제1 스피커 신호를 해당 음파 전달 함수와 컨볼루션(convolution)하여 마이크 모사 신호를 생성하는 단계; 및

상기 제어부가 마이크부를 통해 측정된 마이크 실측 신호와 해당 마이크 모사 신호가 동일해지도록 모델을 학습

하는 단계를 포함하되,

스피커부는, 상기 제1 스피커 신호의 역위상에 해당하는 제2 스피커 신호를 출력하는 것을 특징으로 하는 차량의 능동 노면 소음 저감 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제1 스피커 신호를 생성하는 단계 이전에,

상기 제어부가 시작 주파수부터 종료 주파수까지 주파수를 변화시키면서 각 스피커를 통해 출력되는 스피커 출력 신호와 각 마이크를 통해 측정된 마이크 신호를 비교하여 각 마이크별 음파 전달 함수를 측정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 차량의 능동 노면 소음 저감 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 음파 전달 함수를 측정하는 단계에서,

각 스피커는, 상기 시작 주파수부터 종료 주파수까지 주파수를 변경하면서 정현파의 스피커 출력 신호를 출력하고,

각 마이크는, 상기 스피커 출력 신호에 의한 소음을 측정하여 마이크 신호를 상기 제어부로 전송하며,

상기 제어부는, 상기 마이크 신호와 상기 스피커 출력 신호의 주파수별 크기 및 위상 차이를 기록하고, 상기 종료 주파수에 도달한 경우 상기 기록된 주파수별 크기 및 위상차를 이용하여 주파수 응답을 계산하며, 상기 주파수 응답에 역푸리에 변환(Inverse Fourier Transform)을 수행함으로써, 각 마이크별 음파 전달 함수를 측정하는 것을 특징으로 하는 차량의 능동 노면 소음 저감 방법.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 제1 스피커 신호를 생성하는 단계에서,

상기 제어부는, 각 센서로부터의 진동 신호를 현재 시점을 포함하여 이전 일정 개수의 샘플(time window)을 상기 모델에 입력하여 상기 제1 스피커 신호를 각각 생성하는 것을 특징으로 하는 차량의 능동 노면 소음 저감 방법.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 모델을 학습하는 단계에서,

상기 제어부는, LSTM(Long Short-Term Memory) 오토인코더를 이용하여 상기 모델을 학습하는 것을 특징으로 하는 차량의 능동 노면 소음 저감 방법.

청구항 15

제10항에 있어서,

상기 모델을 학습하는 단계에서,

상기 제어부는, 각 마이크별 마이크 실측 신호와 마이크 모사 신호의 차이를 손실(loss)로 계산하고, 상기 손실이 '0'이 되도록 학습함으로써, 상기 모델의 가중치(weight)를 갱신하는 것을 특징으로 하는 차량의 능동 노면 소음 저감 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 모델을 학습하는 단계

상기 제어부는, SGD(Stochastic Gradient Decent)를 사용하여 상기 모델의 가중치(weight)를 갱신하는 것을 특징으로 하는 차량의 능동 노면 소음 저감 방법.

청구항 17

제10항에 있어서,

상기 모델을 학습하는 단계 이후,

상기 제어부가, 능동 소음 저감 기능을 활성화시키고, 상기 능동 소음 저감 기능을 통해 상기 제1 스피커 신호의 역위상을 상기 스피커부를 통해 출력되도록 함으로써, 상기 마이크부를 통해 측정된 소음을 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 차량의 능동 노면 소음 저감 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 차량의 능동 노면 소음 저감 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 차량의 타이어가 노면과 접촉할 때 발생하는 노면 소음을 줄일 수 있도록 하는 차량의 능동 노면 소음 저감 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 능동 노면 소음 저감 방법은 타이어가 노면과 접촉할 때 발생하는 소음을 줄이기 위하여 가속도 센서를 사용하여 진동을 측정하고 소음의 유형과 크기를 분석한 뒤 상쇄 음파로 소음을 감소시키는 방법이다. 일반적으로 노면 소음이 탑승자에게 도달하는데 9ms가 소요되는데, 그 전에 상쇄 음파를 생성함으로써 실내 소음 수준을 감소시킨다. 이 방법은 기존 흡음재를 사용한 방법과 달리 차체 무게를 동등하게 유지하며 효과적으로 소음을 줄일 수 있다.

[0003] 하지만 차량의 실내는 복잡하기 때문에 특정 위치에서 발생한 음파가 모든 좌석에 동일한 크기와 위상으로 도달하지 않는다. 예를 들면, 운전석 하단에서 발생한 노면 소음의 경우 오른쪽 뒷좌석에는 상대적으로 작게 전달된다. 즉, 특정 위치의 진동에 의하여 발생한 소음은 각 탑승자에게 다르게 도달한다. 반대 위상 음파를 사용하여 잡음을 제거하는 방법은 위상과 진폭이 맞지 않으면 오히려 잡음의 크기를 증대시키므로, 탑승자 보다 적은 수의 마이크와 스피커를 사용한 능동 노면 소음 저감 방법은 전체 좌석의 최소 소음 수준까지만 소음 저감이 가능하다. 더욱이 노면과 차량의 접점은 4개의 타이어이며, 현가 장치 등의 구조가 다르기 때문에 전달되는 소음 파형도 다르다. 즉, 전방 좌측에서 발생한 진동은 운전석, 보조석, 왼쪽/오른쪽 뒷좌석에 다르게 소음을 전달하는데, 진동 발생원이 전방 우측, 후방 좌/우측도 있으므로 16개의 전달함수를 구해야 한다. 하지만 교호 작용에 의한 전달 함수는 구하기 어려우며, 각 스피커에서 발생한 반대 위상 음파도 다른 좌석 소음 수준에 긍정적 혹은 부정적으로 영향을 준다. 따라서 복잡한 차체 구조 및 실내 구조 때문에 가속도계와 마이크를 사용하여 진동을 음파로 변환하는 방법은 노면 소음 저감에 한계가 있다.

[0004] 본 발명의 배경기술은 대한민국 공개특허공보 제10-2021-0065251호(2021.06.04. 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명은 상기와 같은 문제점들을 개선하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 복잡한 차체 및 차량 실내 구조에 의한 전달 함수를 자율 학습을 통하여 모사함으로써, 단순화된 모델의 한계 이상의 노면 소음 저감 성능을 제공할 수 있도록 하는 차량의 능동 노면 소음 저감 장치 및 방법을 제공하는 것이다.
- [0006] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제(들)로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제(들)은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명의 일 측면에 따른 차량의 능동 노면 소음 저감 장치는, 차량 각 바퀴의 차축에 각각 장착되며 지면 진동을 각각 감지하는 복수의 센서를 포함하는 센서부, 상기 차량의 각 좌석에 장착되며 각각 소음을 측정하는 복수의 마이크를 포함하는 마이크부, 상기 차량의 각 좌석 부근에 장착되는 복수의 스피커를 포함하는 스피커부, 상기 센서부로부터의 진동 신호를 제1 스피커 신호로 변환하고, 상기 제1 스피커 신호를 해당 음파 전달 함수와 컨볼루션(convolution)하여 마이크 모사 신호를 생성하며, 상기 마이크부를 통해 측정된 마이크 실측 신호와 해당 마이크 모사 신호가 동일해지도록 모델을 학습하는 제어부를 포함하되, 상기 스피커부는 상기 제1 스피커 신호의 역위상에 해당하는 제2 스피커 신호를 출력할 수 있다.
- [0008] 본 발명에서 상기 제어부는, 시작 주파수부터 종료 주파수까지 주파수를 변화시키면서 각 스피커를 통해 출력되는 스피커 출력 신호와 각 마이크를 통해 측정된 마이크 신호를 비교하여 각 마이크별 음파 전달 함수를 측정할 수 있다.
- [0009] 본 발명에서 각 스피커는, 상기 시작 주파수부터 종료 주파수까지 주파수를 변경하면서 정현파의 스피커 출력 신호를 출력하고, 각 마이크는, 상기 스피커 출력 신호에 의한 소음을 측정하여 마이크 신호를 상기 제어부로 전송하며, 상기 제어부는 상기 마이크 신호와 상기 스피커 출력 신호의 주파수별 크기 및 위상 차이를 기록하고, 상기 종료 주파수에 도달한 경우 상기 기록된 주파수별 크기 및 위상차를 이용하여 주파수 응답을 계산하며, 상기 주파수 응답에 역푸리에 변환(Inverse Fourier Transform)을 수행함으로써, 각 마이크별 음파 전달 함수를 측정할 수 있다.
- [0010] 본 발명에서 상기 스피커부는, 환상 배열(annular array) 모양의 빔 집속 지향성 스피커를 포함할 수 있다.
- [0011] 본 발명에서 상기 제어부는, LSTM(Long Short-Term Memory) 오토인코더를 이용하여 상기 모델을 학습할 수 있다.
- [0012] 본 발명에서 상기 제어부는, 각 센서로부터의 진동 신호를 현재 시점을 포함하여 이전 일정 개수의 샘플(time window)을 상기 모델에 입력하여 상기 제1 스피커 신호를 각각 생성할 수 있다.
- [0013] 본 발명에서 상기 제어부는, 각 마이크별 마이크 실측 신호와 마이크 모사 신호의 차이를 손실(loss)로 계산하고, 상기 손실이 '0'이 되도록 학습함으로써, 상기 모델의 가중치(weight)를 갱신할 수 있다.
- [0014] 본 발명에서 상기 제어부는, SGD(Stochastic Gradient Decent)를 사용하여 상기 모델의 가중치(weight)를 갱신할 수 있다.
- [0015] 본 발명에서 상기 제어부는, 상기 마이크 실측 신호와 상기 마이크 모사 신호가 동일해지는 경우, 능동 소음 저감 기능을 활성화시키고, 상기 능동 소음 저감 기능을 통해 상기 제1 스피커 신호의 역위상을 상기 스피커부를 통해 출력되도록 함으로써, 상기 마이크부를 통해 측정된 소음을 제거할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 측면에 따른 차량의 노면 소음 저감 방법은, 제어부가 센서부로부터의 진동 신호에 기초하여 제1 스피커 신호를 생성하는 단계, 상기 제어부가 상기 제1 스피커 신호를 해당 음파 전달 함수와 컨볼루션(convolution)하여 마이크 모사 신호를 생성하는 단계, 상기 제어부가 마이크부를 통해 측정된 마이크 실측 신호와 해당 마이크 모사 신호가 동일해지도록 모델을 학습하는 단계를 포함하되, 스피커부는, 상기 제1 스피커 신호의 역위상에 해당하는 제2 스피커 신호를 출력할 수 있다.
- [0017] 본 발명은 상기 제1 스피커 신호를 생성하는 단계 이전에, 상기 제어부가 시작 주파수부터 종료 주파수까지 주파수를 변화시키면서 각 스피커를 통해 출력되는 스피커 출력 신호와 각 마이크를 통해 측정된 마이크 신호를 비교하여 각 마이크별 음파 전달 함수를 측정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0018] 본 발명은 상기 음파 전달 함수를 측정하는 단계에서, 각 스피커는, 상기 시작 주파수부터 종료 주파수까지 주

파수를 변경하면서 정현파의 스피커 출력 신호를 출력하고, 각 마이크는, 상기 스피커 출력 신호에 의한 소음을 측정하여 마이크 신호를 상기 제어부로 전송하며, 상기 제어부는, 상기 마이크 신호와 상기 스피커 출력 신호의 주파수별 크기 및 위상 차이를 기록하고, 상기 종료 주파수에 도달한 경우 상기 기록된 주파수별 크기 및 위상 차를 이용하여 주파수 응답을 계산하며, 상기 주파수 응답에 역푸리에 변환(Inverse Fourier Transform)을 수행함으로써, 각 마이크별 음파 전달 함수를 측정할 수 있다.

[0019] 본 발명은 상기 제1 스피커 신호를 생성하는 단계에서, 상기 제어부는, 각 센서로부터의 진동 신호를 현재 시점을 포함하여 이전 일정 개수의 샘플(time window)을 상기 모델에 입력하여 상기 제1 스피커 신호를 각각 생성할 수 있다.

[0020] 본 발명은 상기 모델을 학습하는 단계에서, 상기 제어부는, LSTM(Long Short-Term Memory) 오토인코더를 이용하여 상기 모델을 학습할 수 있다.

[0021] 본 발명은 상기 모델을 학습하는 단계에서, 상기 제어부는, 각 마이크별 마이크 실측 신호와 마이크 모사 신호의 차이를 손실(loss)로 계산하고, 상기 손실이 '0'이 되도록 학습함으로써, 상기 모델의 가중치(weight)를 갱신할 수 있다.

[0022] 본 발명은 상기 모델을 학습하는 단계에서 상기 제어부는, SGD(Stochastic Gradient Decent)를 사용하여 상기 모델의 가중치(weight)를 갱신할 수 있다.

[0023] 본 발명은 상기 모델을 학습하는 단계 이후, 상기 제어부가, 능동 소음 저감 기능을 활성화시키고, 상기 능동 소음 저감 기능을 통해 상기 제1 스피커 신호의 역위상을 상기 스피커부를 통해 출력되도록 함으로써, 상기 마이크부를 통해 측정된 소음을 제거하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0024] 본 발명의 일 측면에 따른 차량의 능동 노면 소음 저감 장치 및 방법은, 복잡한 차체 및 차량 실내 구조에 의한 전달 함수를 자율 학습을 통하여 모사함으로써, 단순화된 모델의 한계 이상의 노면 소음 저감 성능을 제공할 수 있다.

[0025] 본 발명의 일 측면에 따른 차량의 능동 노면 소음 저감 장치 및 방법은, 음파 전달 과정을 실측을 통하여 분석하고, 교호 작용을 포함한 복잡한 진동 전달 과정을 LSTM 오토인코더를 학습시켜서 모사함으로써 각 위치 별 발생한 진동이 각 좌석의 소음으로 전달되는 과정을 정밀하게 예측할 수 있으므로, 기존 방법의 한계 이상으로 소음을 줄일 수 있다. 따라서 차량의 정숙성을 향상시킬 수 있으므로, 차량의 개념을 이동 수단뿐만 아니라 음악을 들으면서 휴식을 취할 수 있는 공간으로 확장시킬 수 있다.

[0026] 한편, 본 발명의 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 이하에서 설명할 내용으로부터 통상의 기술자에게 자명한 범위 내에서 다양한 효과들이 포함될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 노면 소음 저감 장치를 개략적으로 나타낸 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 센서부, 마이크부 및 스피커부의 장착 위치를 나타낸 예시도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 annular array 기반 지향성 스피커를 설명하기 위한 예시도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 음파 전달 함수를 측정하는 방법을 설명하기 위한 예시도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 정현파 송수신 기반 음파 전달 함수의 주파수 응답을 나타낸 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 LSTM 오토인코더의 구조를 나타낸 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 LSTM 오토인코더를 이용한 자율 학습 기반 소음 추정 방법을 설명하기 위한 예시도이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 자율학습 기반 능동 노면 소음 저감 방법의 효과를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 능동 노면 소음 저감 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 음파 전달 함수를 측정하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 노면 소음 저감을 위한 모델을 학습하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 능동 노면 소음 저감 장치 및 방법을 첨부된 도면들을 참조하여 상세하게 설명한다. 이러한 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 이용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0029] 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 프로그래밍 가능한 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.
- [0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 능동 노면 소음 저감 장치를 개략적으로 나타낸 블록도, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 센서부, 마이크부 및 스피커부의 장착 위치를 나타낸 예시도, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 annular array기반 지향성 스피커를 설명하기 위한 예시도, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 음파 전달 함수를 측정하는 방법을 설명하기 위한 예시도, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 정현파 송수신 기반 음파 전달 함수의 주파수 응답을 나타낸 도면, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 LSTM 오토인코더의 구조를 나타낸 도면, 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 LSTM 오토인코더를 이용한 자율 학습 기반 소음 추정 방법을 설명하기 위한 예시도, 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 자율학습 기반 능동 노면 소음 저감 방법의 효과를 설명하기 위한 도면이다.
- [0032] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 능동 노면 소음 저감 장치(100)는 센서부(110), 마이크부(120), 스피커부(130), 및 제어부(140)를 포함한다.
- [0033] 센서부(110)는, 차량 각 바퀴의 차축에 각각 장착되며, 지면 진동을 감지할 수 있다. 즉, 센서부(110a, 110b, 110c, 110d)는 도 2에 도시된 바와 같이 4개 바퀴의 차축 부근에 장착되어, 지면의 진동을 감지하고, 진동 신호를 제어부(140)로 전송할 수 있다. 차량의 각 바퀴는 차량의 중량을 지지하기 때문에 주행 중 노면 진동은 각 차축을 타고 실내로 전달되어 음파를 발생시킨다. 이에, 지면 진동이 바퀴에서 차체에 전달되는 차축에 센서부(110a, 110b, 110c, 110d)를 장착함으로써 위치 별 독립적으로 진동을 측정할 수 있다. 따라서 불규칙적인 노면에 의하여 앞 바퀴에서는 진동이 발생하나 뒷바퀴는 평평한 도로를 주행하는 시점의 소음도 대응이 가능할 수 있다.
- [0034] 이러한 센서부(110)는 진동센서, 가속도 센서 등 지면의 진동을 감지하는 다양한 센서로 구현될 수 있다.
- [0035] 마이크부(120)는 차량의 각 좌석에 장착되며, 소음을 측정할 수 있다. 이때, 마이크부(120a, 120b, 120c, 120d)는 도 2에 도시된 바와 같이 각 좌석의 헤드레스트 양 옆에 장착될 수 있고, 탑승자에게 전달되는 소음을 측정하고, 측정된 마이크 신호를 제어부(140)로 전송할 수 있다.
- [0036] 각 마이크는 스피커 출력 신호에 의한 소음을 측정하여 마이크 신호를 제어부(140)로 전송할 수 있다.
- [0037] 탑승자의 귀 위치와 가장 근접한 좌석 헤드레스트 양 측면에 마이크(120a, 120b, 120c, 120d)를 장착함으로써 탑승자에게 전달되는 소음을 측정할 수 있다. 이렇게 측정된 데이터는 실내 소음 수준을 모니터링하는 것뿐만 아니라 딥러닝 기반 반대 위상 음파 생성 방법의 정답지를 생성하는 과정에 사용될 수 있다.
- [0038] 스피커부(130)는 차량의 각 좌석 부근에 장착되고, 제어부(140)에서 생성된 제1 스피커 신호의 역위상에 해당하는 제2 스피커 신호를 출력할 수 있다. 이때, 스피커부(130a, 130b, 130c, 130d)는 도 2에 도시된 바와 같이 각

좌석에 장착될 수 있다.

[0039] 스피커부(130)는 각 좌석에 도달하는 소음의 반대 위상 음파를 생성함으로써 소음을 제거할 수 있다. 일반적인 스피커는 모든 방향으로 음파를 전달하기 때문에 운전석 스피커에서 발생한 음파는 다른 탑승자에게도 도달한다. 이러한 교호작용을 없애기 위하여, 스피커부(130)는 도 3과 같은 빔 집속 기법이 적용된 지향성 스피커를 이용할 수 있다. 이때, 스피커부(130)는 환상 배열(annular array) 모양의 빔 집속 지향성 스피커를 포함할 수 있다.

[0040] 지향성 스피커는 아래 수학적 식 1과 같은 초음파 대역의 신호(E(t))를 사용하여 오디오 신호(g(t))를 전달하며, 높은 주파수를 사용함으로써 특정 방향으로만 큰 소리를 전달할 수 있다.

[0041] [수학적 식 1]

$$E(t) = \sqrt{1 + m \iint g(t) dt^2} \sin \omega_0 t$$

[0042] 여기서, m은 임의의 상수, ω_0 는 주파수를 의미할 수 있다.

[0044] 빔 집속 방법은 다수의 초음파 변환자에서 나온 음파가 특정 점에 위상이 같아져서 음압이 변환자 수만큼 증가하게 된다. 따라서 빔 집속 기법이 적용된 지향성 스피커를 사용할 경우, 운전석 스피커에서 발생한 음파는 운전자에게만 크게 들리므로, 다른 탑승자에게 영향을 주지 않는다.

[0045] 스피커부(130)는 시작 주파수부터 종료 주파수까지 주파수를 변경하면서 정현파의 스피커 출력 신호를 출력할 수 있다. 여기서, 시작 주파수는 종료 주파수보다 낮은 주파수일 수 있고, 일정 주파수 간격(Δf)으로 주파수를 변경할 수 있다. 스피커부(130)에서 주파수를 변경하면서 정현파를 출력하면, 제어부(140)는 마이크 신호 크기 변화와 위상 차이를 측정하여 음파 전달 함수를 구할 수 있다.

[0046] 제어부(140)는 차량 개발 단계에서 음파 전달 함수를 측정할 수 있다.

[0047] 즉, 제어부(140)는 시작 주파수부터 종료 주파수까지 주파수를 변화시키면서 각 스피커를 통해 출력되는 스피커 출력 신호와 각 마이크를 통해 측정된 마이크 신호를 비교하여 각 마이크별 음파 전달 함수를 측정할 수 있다.

[0048] 이때, 각 스피커는 시작 주파수부터 종료 주파수까지 주파수를 변경하면서 정현파의 스피커 출력 신호를 출력할 수 있고, 각 마이크는 스피커 출력 신호에 의한 소음을 측정하여 마이크 신호를 제어부(140)로 전송할 수 있다. 각 스피커는 낮은 주파수부터 높은 주파수까지 Δf 크기로 변경하면서 스피커 출력 신호를 출력할 수 있고, 제어부(140)는 주파수 출력 신호의 주파수별 크기의 변화와 위상의 변화를 측정할 수 있다.

[0049] 그러면, 제어부(140)는 마이크 신호와 스피커 출력 신호의 주파수별 크기 및 위상 차이를 기록하고, 종료 주파수에 도달한 경우 기록된 주파수별 크기 및 위상차를 이용하여 주파수 응답을 계산하고, 주파수 응답에 푸리에 역변환(Inverse Fourier Transform)을 수행함으로써, 각 마이크별 음파 전달 함수를 측정할 수 있다.

[0050] 본 발명은 빔 집속 기법이 적용된 지향성 스피커를 사용하므로 각 좌석 부근의 스피커는 해당 좌석 헤드레스트에 장착된 마이크에만 음파가 도달되게 할 수 있다. 따라서 각 스피커(130a, 130b, 130c, 130d)에서 독립적으로 음파를 출력해도, 각 마이크(120a, 120b, 120c, 120d)에는 해당 좌석의 스피커(130a, 130b, 130c, 130d)에서 출력된 신호만 측정되게 된다. 예를 들면, 도 4에 도시된 바와 같이 제1 마이크부(120a)는 제1 스피커(130a)에서 출력된 신호만을 측정할 수 있고, 제2 마이크부(120b)는 제2 스피커(130b)에서 출력된 신호만을 측정할 수 있으며, 제1 마이크부(120a)는 제1 스피커(130a)에서 출력된 신호만을 측정할 수 있고, 제3 마이크부(120c)는 제3 스피커(130c)에서 출력된 신호만을 측정할 수 있고, 제4 마이크부(120d)는 제4 스피커(130d)에서 출력된 신호만을 측정할 수 있다.

[0051] 각 스피커(130a, 130b, 130c, 130d)에서 출력된 신호가 각 마이크(120a, 120b, 120c, 120d)에 도달하는 과정을 선형 시스템으로 모델링하면, 도 5의 (a)에 도시된 바와 같이 스피커부(130)에서 특정 주파수를 출력했을 때 마이크부(120)에서 수신된 신호의 주파수는 동일하지만 크기와 위상이 달라지게 된다. 따라서 스피커부(130)에서 낮은 주파수부터 높은 주파수까지 Δf 크기로 변경하면서 크기의 변화와 위상의 변화를 측정하여 도 5의 (b)와 같이 그리면 음파 전달 함수의 주파수 응답이 된다. 주파수 응답에 IFT(Inverse Fourier Transform)을 수행하면, 각 스피커(130a, 130b, 130c, 130d)에서 개별 마이크(120a, 120b, 120c, 120d)로 시간 축의 음파 전달 함수를 구할 수 있다.

- [0052] 또한, 제어부(140)는 차량 출고 후 자율 학습 단계에서 딥러닝을 이용하여 노면 소음을 제거하기 위한 모델을 학습할 수 있다.
- [0053] 제어부(140)는 센서부(110)로부터의 진동 신호를 제1 스피커 신호로 변환하고, 제1 스피커 신호를 해당 음파 전달 함수와 컨볼루션(convolution)하여 마이크 모사 신호를 생성하며, 각 마이크를 통해 측정된 마이크 실측 신호와 해당 마이크 모사 신호가 동일해지도록 모델을 학습할 수 있다.
- [0054] 이때, 제어부(140)는 딥러닝을 이용하여 모델을 학습할 수 있다. 딥러닝 방법에는 여러 방법이 있으나, 이하에서는 설명의 편의를 위해 LSTM(Long Short-Term Memory) 오토인코더를 이용하여 모델을 학습하는 경우에 대해 설명하기로 한다.
- [0055] LSTM 오토인코더는 도 6에 도시된 바와 같이 인코더와 디코더를 포함하고, 센서부(가속도 센서, 110)로부터의 진동 신호를 인코딩하고, 인코딩된 진동 신호를 제1 스피커 신호로 변환하며, 제1 스피커 신호를 디코딩하여 출력할 수 있다.
- [0056] 제어부(140)는 센서부(110)로부터의 진동 신호를 현재 시점을 포함하여 이전 일정개수(K개)의 샘플(time window)을 모델(예: LSTM 오토인코더)에 입력하여 제1 스피커 신호를 생성할 수 있다.
- [0057] 그런 후, 제어부(140)는 각 마이크별 마이크 실측 신호와 마이크 모사 신호의 차이를 손실(loss)로 계산하고, 손실이 '0'이 되도록 학습함으로써, 모델(예: LSTM 오토인코더)의 가중치(weight)를 갱신할 수 있다. 이때, 제어부(140)는 SGD(Stochastic Gradient Decent)를 사용하여 모델(예: LSTM 오토인코더)의 가중치를 갱신할 수 있다.
- [0058] 그런 후, 제어부(140)는 마이크 실측 신호와 마이크 모사 신호가 동일해지는 경우(즉, 손실이 '0'이 되는 경우), 능동 소음 저감 기능을 활성화시키고, 능동 소음 저감 기능을 통해 제1 스피커 신호의 역위상을 스피커부(130)를 통해 출력되도록 함으로써, 마이크부(120)를 통해 측정된 소음을 제거할 수 있다.
- [0059] LSTM 오토인코더를 이용하여 모델을 학습하는 방법에 대해 도 7을 참조하여 설명하기로 한다. 도 7을 참조하면, 제어부(140)는 LSTM 오토인코더에 각 위치별 센서부(110)로부터의 진동 신호를 현재 시점을 포함하여 이전 K개의 샘플(time window)을 입력한 후 제1 스피커 신호를 생성할 수 있다. 제어부(140)는 제1 스피커 신호를 음파 전달 함수와 컨볼루션함으로써 마이크 모사 신호를 생성할 수 있다. 따라서 제어부(140)는 실제로 각 위치에서 측정된 마이크 실측 신호와 센서부(110)로부터의 진동 신호를 사용하여 생성한 마이크 모사 신호의 차이를 손실(loss)로 사용하고, SGD(Stochastic Gradient Decent) 방법을 적용하여 학습할 수 있다. 학습이 완료되면 LSTM 오토인코더는 각 좌석 별 진동에 의한 소음을 발생시키는 제1 스피커 신호를 생성하므로, 실제 스피커부(130)는 제1 스피커 신호의 역위상($\times -1$)를 출력함으로써, 소음을 상쇄시킬 수 있다. 이때, 제1 스피커(FL, 130a)는 제1 가속도 센서(FL, 110a))에서 측정된 진동 신호를 이용하여 생성된 제1 스피커 신호의 역위상을 출력할 수 있고, 제2 스피커(FR, 130b)는 제2 가속도 센서(FR, 110b))에서 측정된 진동 신호를 이용하여 생성된 제1 스피커 신호의 역위상을 출력할 수 있으며, 제3 스피커(RL, 130c)는 제3 가속도 센서(RL, 110c))에서 측정된 진동 신호를 이용하여 생성된 제3 스피커 신호의 역위상을 출력할 수 있고, 제4 스피커(RR, 130d)는 제4 가속도 센서(RR, 110d))에서 측정된 진동 신호를 이용하여 생성된 제1 스피커 신호의 역위상을 출력할 수 있다. 제1 내지 제4 가속도 센서(110a, 110b, 110c, 110d)에서 측정된 진동 신호는 서로 다른 신호일 수 있고, 제1 내지 제4 가속도 센서(110a, 110b, 110c, 110d)에서 측정된 진동 신호를 이용하여 각각 생성된 제1 스피커 신호는 서로 다른 신호일 수 있으며, 각 스피커(130a, 130b, 130c, 130d)에서 출력되는 제2 스피커 신호는 서로 다른 신호일 수 있다.
- [0060] 본 발명은 학습을 위한 정답값을 실측하며, LSTM 오토인코더의 출력을 전달 함수를 통과한 값과 비교하므로 자율 학습이다. 이때 학습을 위하여 사용하는 손실(loss)은 L1 loss를 사용하며, 아래 수학적 식 2와 같다.

[0061] [수학적 식 2]

$$L1\ loss = \sum_{loc} \sum_{k=1}^K |m_{loc}[k] - M_{loc}[k]|$$

[0062] 여기서,

[0063] 여기서, $m_{loc}[k]$ 는 k번째 마이크 실측 신호, $M_{loc}[k]$ 는 k번째 마이크 모사 신호를 의미할 수 있다.

- [0064] 상술한 바와 같이 제어부(140)는 차량 생산 단계에서 각 빔 집속 기법이 적용된 지향성 스피커와 마이크의 음파 전달 함수를 측정할 수 있다. 그리고 차량이 출고된 후 초기에는 능동 소음 저감 기능이 비활성화 된다. 이에, 제어부(140)는 사용자가 운전하는 동안 센서부(110)와 마이크부(120)를 사용하여 마이크 모사 신호와 마이크 실측 신호가 같아지도록 LSTM 오토인코더를 이용하여 학습을 수행할 수 있다. 마이크 모사 신호와 마이크 실측 신호의 차이는 L1 loss를 사용하여 계산하며, SGD를 사용하여 LSTM 오토인코더의 가중치(weight)를 갱신할 수 있다. 차량 출고 후 주행 거리가 증가할수록 학습이 수행되므로, 점점 LSTM 오토인코더를 사용한 마이크 모사 신호와 마이크 실측 신호의 차이가 줄어들게 된다. LSTM 오토인코더를 사용하여 마이크 모사 신호와 마이크 실측 신호가 유사해지면, 제어부(140)는 능동 소음 저감 기능을 활성화 하여 사용자가 해당 기능의 on/off를 선택하게 한다. 능동 소음 저감 기능이 켜지면, 제어부(140)는 센서부(110)의 진동 신호를 LSTM 오토인코더에 입력한 후 생성한 신호에 -1을 곱하여(역위상) 스피커부(130)로 출력함으로써 노면 소음을 저감할 수 있다. 즉, 스피커부(130)에서 마이크부(120)에 측정된 노면 소음의 역위상 음파를 출력하여 noise canceling 하게 된다. 도 8은 노면 소음을 제거한 결과를 나타낸 도면이다. 도 8을 참조하면, 능동 소음 저감을 활성화 시키면 파란색 그래프와 같이 1kHz ~ 4kHz 대역의 20dB 이하로 감소하는 효과가 있는 것을 확인할 수 있다.
- [0065] 한편, 본 발명에 따른 차량의 능동 노면 소음 저감 장치(100)는 능동 노면 소음 저감 장치(100)의 동작과 관련된 데이터와 소프트웨어(프로그램)들을 저장하는 저장부(미도시)를 더 포함할 수 있다. 예컨대 저장부는 차량의 능동 노면 소음 저감 장치(100)의 음파 전달 함수 측정 및 노면 소음 저감을 위한 모델의 학습을 위한 소프트웨어를 저장한다. 또한 저장부에는 통신 소프트웨어가 저장되어 각종 데이터나 소프트웨어를 미리 설정된 통신 경로를 통해 전송하거나 수신할 수 있도록 한다. 이러한 저장부는 공지된 저장매체를 이용할 수 있으며, 예를 들어, ROM, PROM, EPROM, EEPROM, RAM 등과 같이 공지 또는 공지되지 않은 저장매체 중 어느 하나 이상을 이용할 수 있다.
- [0066] 상기와 같이 구성된 차량의 능동 노면 소음 저감 장치(100)는, 모델(LSTM 오토인코더)을 센서부(110)의 진동 신호와 마이크부(120)의 마이크 신호를 사용하여 자율 학습시켜서 교호 작용을 포함하여 진동에 의한 소음 생성 과정을 모사함으로써 보다 정교한 반대 위상 음파를 생성할 수 있다. 이를 위해, 차량의 능동 노면 저감 장치(100)는, 4개의 바퀴의 차축 부근에 센서부(예: 가속도 센서, 110)를 장착하여 지면 진동을 감지하고, 좌석 헤드레스트 양 옆에 마이크부(120)를 장착하여 탑승자에게 전달되는 소음을 측정할 수 있다. 그리고 각 좌석 부근에 장착된 빔 집속 기법이 적용된 지향성 스피커(130)를 사용하여 각 좌석에 도달하는 소음의 반대 위상 음파를 생성함으로써 소음을 제거할 수 있다. 또한, 차량의 능동 노면 소음 저감 장치(100)는, 차량 생산 단계에서 음파 전달 함수를 실측한 후, 스피커부(130)로 LSTM 오토인코더의 출력 신호를 생성하였을 때 마이크부(120)에 수신된 신호를 모사할 수 있다. 그리고 사용자가 운전하는 동안 센서부(예: 가속도 센서, 110)와 마이크부(120)를 사용하여 마이크 모사 신호와 마이크 실측 신호가 같아지도록 LSTM 오토인코더를 학습할 수 있다. LSTM 오토인코더를 사용한 마이크 모사 신호와 마이크 실측 신호가 유사해지면, 차량의 능동 노면 소음 저감 장치(100)는, LSTM 오토인코더 출력의 반대 위상 신호를 스피커부(130)로 생성함으로써 진동에 의해 생성한 소음을 상쇄시킬 수 있다. 따라서 차량의 능동 노면 소음 저감 장치(100)는, 복잡한 차체 및 차량 실내 구조에 의한 전달 함수를 자율 학습을 통하여 모사함으로써, 단순화된 모델의 한계 이상의 소음 저감 성능을 제공할 수 있다.
- [0068] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 능동 노면 소음 저감 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0069] 도 9를 참조하면, 제어부(140)는 차량 출고 단계에서 음파 전달 함수를 측정하여 저장한다(S802). 제어부(140)가 음파 전달 함수를 측정하는 방법에 대한 상세한 설명은 도 10을 참조하기로 한다.
- [0070] S802 단계가 수행되면, 제어부(140)는 각 마이크(120a, 120b, 120c, 120d)를 통해 측정된 마이크 실측 신호와 해당 마이크 모사 신호가 동일해지도록 모델을 학습한다(S804). 이때, 제어부(140)는 딥러닝을 이용하여 노면 소음을 제거하기 위한 모델을 학습할 수 있다. 제어부(140)가 모델을 학습하는 방법에 대한 상세한 설명은 도 11을 참조하기로 한다.
- [0071] S804 단계의 수행으로, 모델 학습이 완료되면(S806), 제어부(140)는 능동 소음 저감 기능을 활성화시키고(S808), 사용자에게 의해 능동 소음 저감 기능이 온 되었는지를 판단한다(S810). 차량이 출고된 후 초기에는 능동 소음 저감 기능이 비활성화되고, 노면 소음 제거를 위한 모델 학습이 완료되면, 능동 소음 저감 기능이 활성화될 수 있다. 능동 노면 소음 저감 기능이 활성화되면, 사용자는 능동 노면 소음 저감 기능을 온 또는 오프시킬 수 있다.

- [0072] S810 단계의 판단결과 능동 소음 저감 기능이 온되면, 제어부(140)는 모델 출력의 역위상을 스피커부(130)로 출력하여 마이크부(120)를 통해 측정된 소음을 제거한다(S812).
- [0073] 예를 들면, 제1 스피커(FL, 130a)는 제1 센서(FL, 110a))에서 측정된 진동 신호를 이용하여 생성된 제1 스피커 신호의 역위상을 출력함으로써, 제1 마이크(120a)를 통해 측정된 소음을 제거할 수 있고, 제2 스피커(FR, 130b)는 제2 센서(FR, 110b))에서 측정된 진동 신호를 이용하여 생성된 제1 스피커 신호의 역위상을 출력함으로써, 제2 마이크(120b)를 통해 측정된 소음을 제거할 수 있으며, 제3 스피커(RL, 130c)는 제3 센서(RL, 110c))에서 측정된 진동 신호를 이용하여 생성된 제3 스피커 신호의 역위상을 출력함으로써, 제3 마이크(120c)를 통해 측정된 소음을 제거할 수 있고, 제4 스피커(RR, 130d)는 제4 센서(RR, 110d))에서 측정된 진동 신호를 이용하여 생성된 제1 스피커 신호의 역위상을 출력함으로써, 제4 마이크(120d)를 통해 측정된 소음을 제거할 수 있다. 여기서, 제1 내지 제4 센서(110a, 110b, 110c, 110d)에서 측정된 진동 신호는 서로 다른 신호일 수 있고, 제1 내지 제4 센서(110a, 110b, 110c, 110d)에서 측정된 진동 신호를 이용하여 각각 생성된 제1 스피커 신호는 서로 다른 신호일 수 있으며, 각 스피커(130a, 130b, 130c, 130d)에서 출력되는 제2 스피커 신호는 서로 다른 신호일 수 있다.
- [0075] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 음파 전달 함수를 측정하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0076] 도 10을 참조하면, 스피커부(130)는 시작 주파수부터 종료 주파수까지 주파수를 변경하면서 주파수 f 인 스피커 출력 신호를 출력하고(S902), 마이크는 스피커 출력 신호에 의한 소음을 측정하여 마이크 신호를 제어부(140)로 전송한다(S904).
- [0077] S902 단계 및 S904 단계의 수행으로, 제어부(140)는 주파수 f 일때 마이크 신호와 스피커 출력 신호의 크기 및 위상 차이를 기록한다(S906).
- [0078] S906 단계가 수행되면, 제어부(140)는 스피커부(130)의 주파수 f 를 Δf 만큼 변경하고(S908), 변경된 주파수가 종료 주파수인지를 판단한다(S910). 이때, 제어부(140)는 낮은 주파수부터 높은 주파수까지 스피커부(130)의 주파수를 Δf 만큼 변경할 수 있다.
- [0079] S910 단계의 판단결과 변경된 주파수가 종료 주파수이면, 제어부(140)는 주파수 출력 신호의 주파수별 크기의 변화와 위상의 변화를 이용하여 주파수 응답을 계산한다(S912). 즉, 제어부(140)는 주파수별 크기의 변화와 위상의 변화를 이용하여 주파수 전달 함수가 주파수에 따라서 어떻게 변화하는가를 나타낸 주파수 응답을 계산할 수 있다.
- [0080] S912 단계의 수행 후, 제어부(140)가 주파수 응답에 IFT(Inverse Fourier Transform)을 수행하면(S914), 제어부(140)는 각 스피커(130a, 130b, 130c, 130d)에서 개별 마이크(120a, 120b, 120c, 120d)로 시간 축의 음파 전달 함수를 측정한다(S916).
- [0082] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 노면 소음 저감을 위한 모델을 학습하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0083] 도 11을 참조하면, 제어부(140)는 센서부(110)로부터의 진동 신호를 수신하고, 마이크부(120)로부터 마이크 실측 신호를 수신한다(S1002).
- [0084] S1002 단계가 수행되면, 제어부(140)는 진동 신호를 LSTM 오토인코더에 입력하여 제1 스피커 신호를 생성한다(S1004). 이때, 제어부(140)는 센서부(110)로부터의 진동 신호를 현재 시점을 포함하여 이전 일정개수(K 개)의 샘플(time window)을 LSTM 오토인코더에 입력하여 제1 스피커 신호를 생성할 수 있다.
- [0085] S1004 단계가 수행되면, 제어부(140)는 제1 스피커 신호를 해당 음파 전달 함수와 컨볼루션(convolution)하여 마이크 모사 신호를 생성한다(S1006).
- [0086] S1006 단계가 수행되면, 제어부(140)는 마이크별(120a, 120b, 120c, 120d) 마이크 실측 신호와 해당 마이크 모사 신호의 차이를 L1 손실(loss)로 계산하고(S1008), L1 손실이 '0'인지를 판단한다(S1010).
- [0087] S1010 단계의 판단결과, L1 손실이 '0'이면, 제어부(140)는 모델 학습을 종료하게 된다.
- [0088] 만약, S1010 단계의 판단결과, L1 손실이 '0'이 아니면, 제어부(140)는 SGD(Stochastic Gradient Decent)를 사

용하여 LSTM 오토인코더의 가중치를 갱신하고(S1012), S1002 단계를 수행한다.

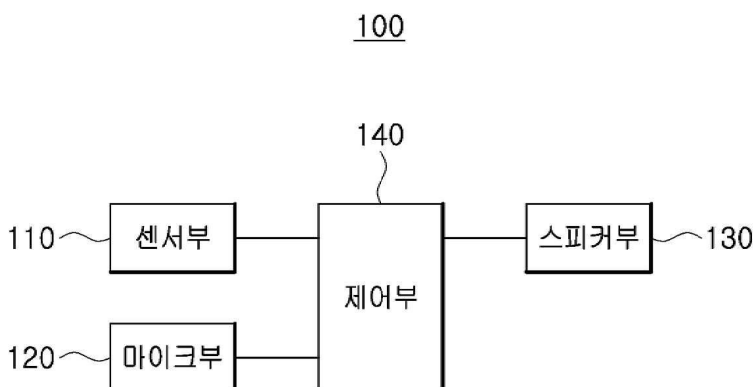
- [0090] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 측면에 따른 차량의 능동 노면 소음 저감 장치 및 방법은, 복잡한 차체 및 차량 실내 구조에 의한 전달 함수를 자율 학습을 통하여 모사함으로써, 단순화된 모델의 한계 이상의 노면 소음 저감 성능을 제공할 수 있다.
- [0091] 본 발명의 일 측면에 따른 차량의 능동 노면 소음 저감 장치 및 방법은, 음파 전달 과정을 실측을 통하여 분석하고, 교호 작용을 포함한 복잡한 진동 전달 과정을 LSTM 오토인코더를 학습시켜서 모사함으로써 각 위치 별 발생한 진동이 각 좌석의 소음으로 전달되는 과정을 정밀하게 예측할 수 있으므로, 기존 방법의 한계 이상으로 소음을 줄일 수 있다. 따라서 차량의 정숙성을 향상시킬 수 있으므로, 차량의 개념을 이동 수단뿐만 아니라 음악을 들으면서 휴식을 취할 수 있는 공간으로 확장시킬 수 있다.
- [0092] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 하여 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며 당해 기술이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위에 의하여 정해져야할 것이다.

부호의 설명

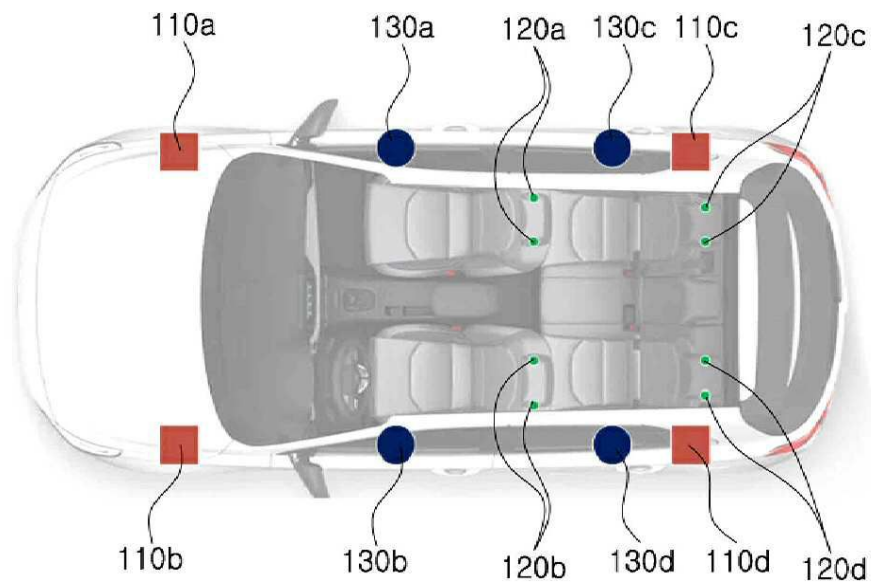
- [0094] 100 : 능동 노면 소음 저감 장치
110 : 센서부
120 : 마이크부
130 : 스피커부
140 : 제어부

도면

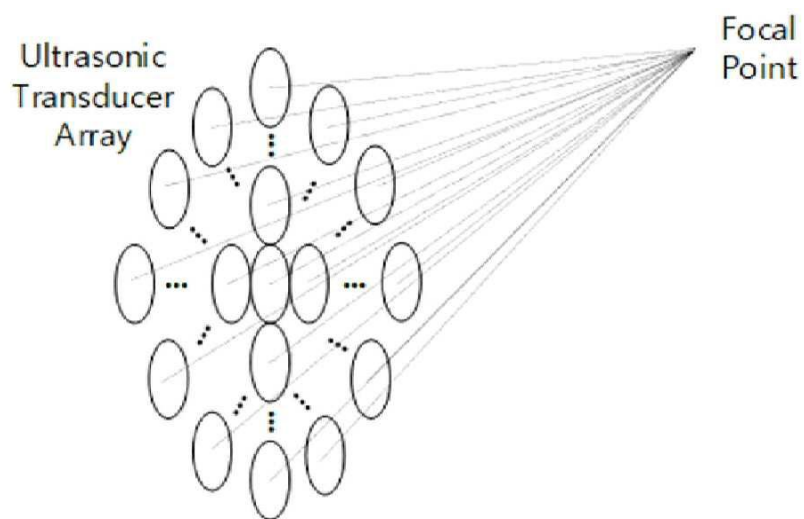
도면1



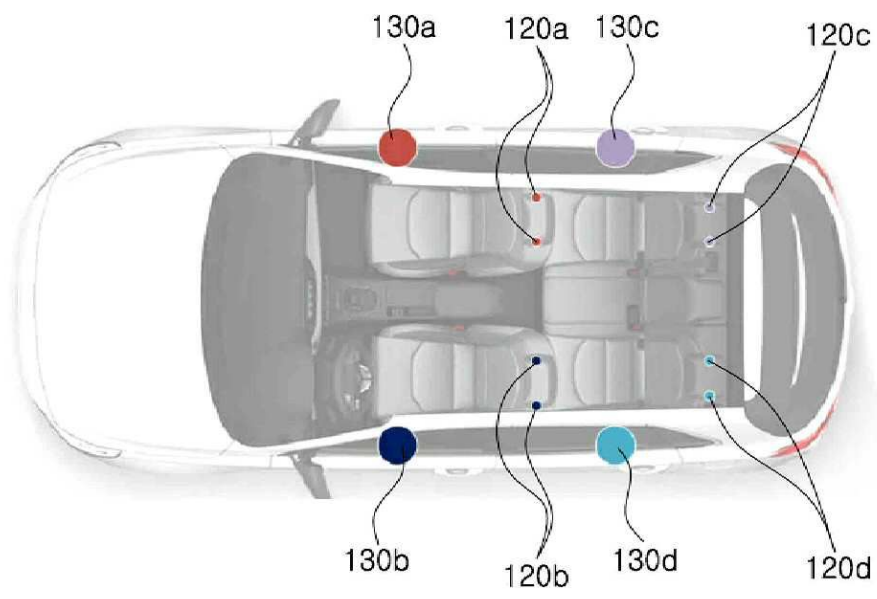
도면2



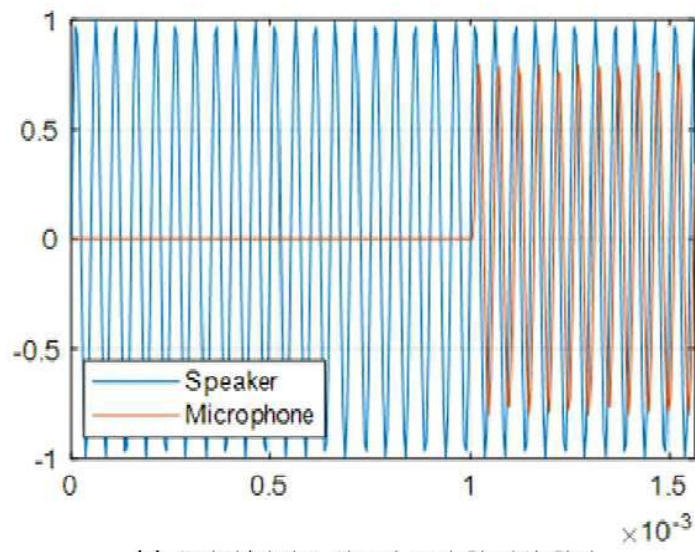
도면3



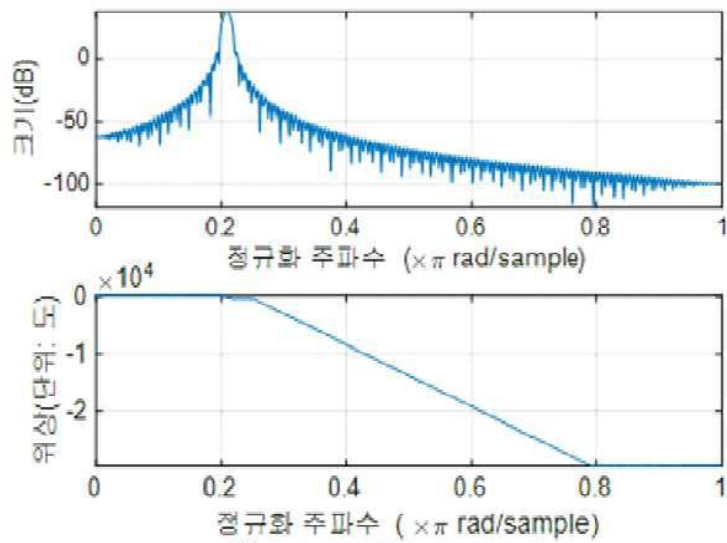
도면4



도면5

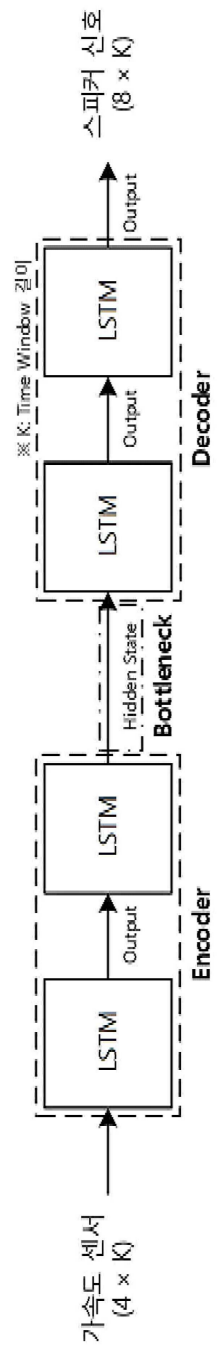


(a) 스피커/마이크 신호의 크기 및 위상 차이

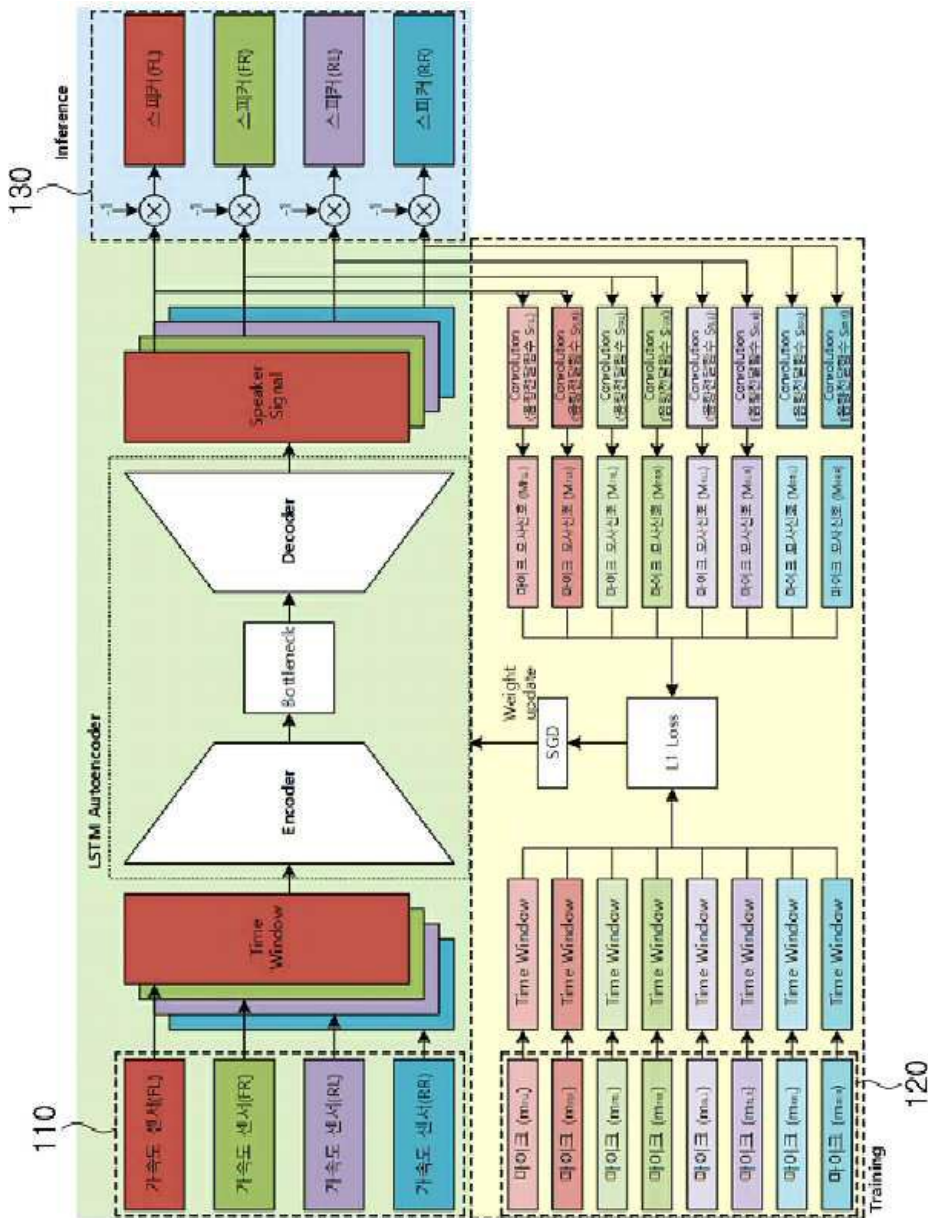


(b) 음파 전달 함수의 주파수 응답

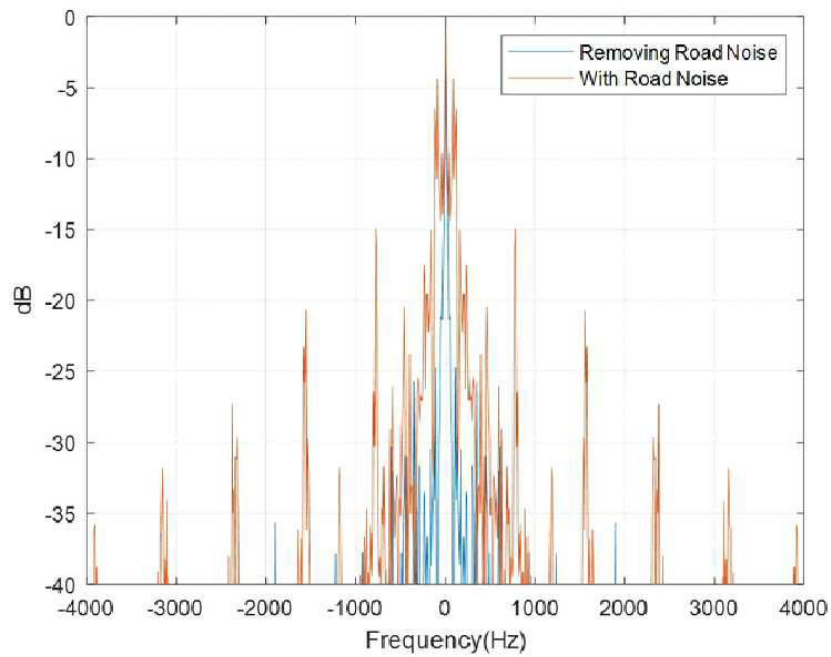
도면6



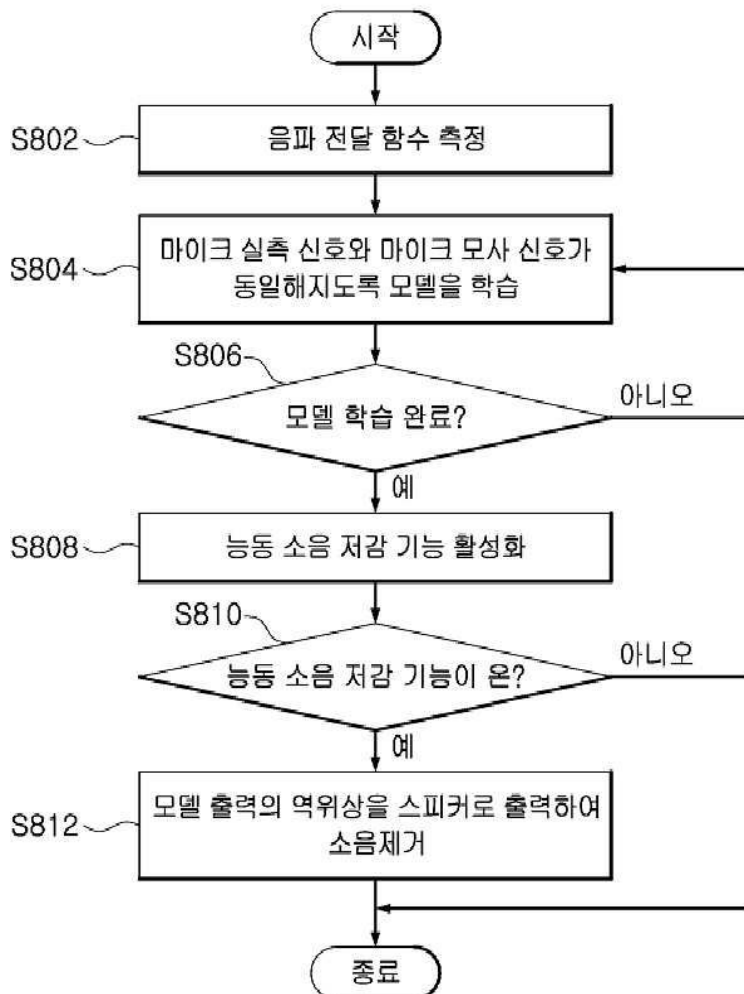
도면7



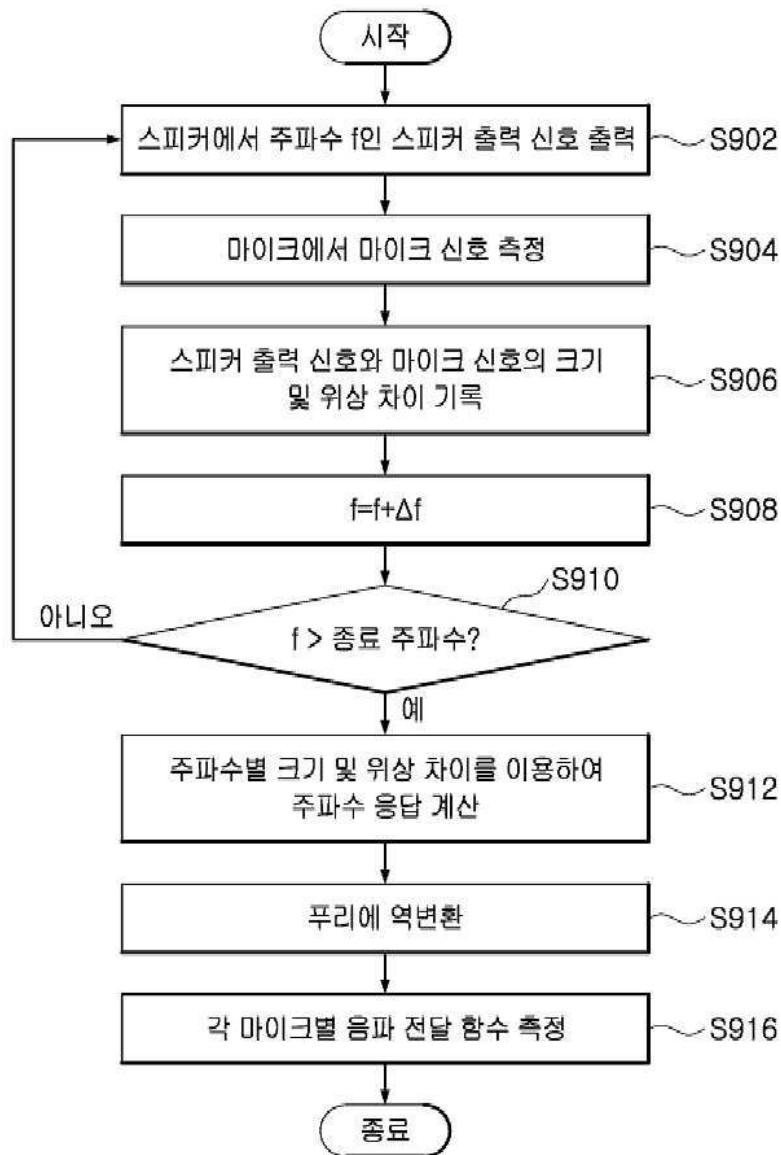
도면8



도면9



도면10



도면11

