



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0161134
(43) 공개일자 2023년11월27일

- | | |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>G10K 11/178</i> (2006.01) <i>B60R 16/023</i> (2006.01)
 <i>G06N 20/00</i> (2019.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
 <i>G10K 11/1785</i> (2021.08)
 <i>B60R 16/023</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2022-0060768
 (22) 출원일자 2022년05월18일
 심사청구일자 없음</p> | <p>(71) 출원인
 현대모비스 주식회사
 서울특별시 강남구 테헤란로 203 (역삼동)</p> <p>(72) 발명자
 이재영
 경기도 용인시 기흥구 마북로240번길 17-2</p> <p>(74) 대리인
 특허법인아주</p> |
|--|--|

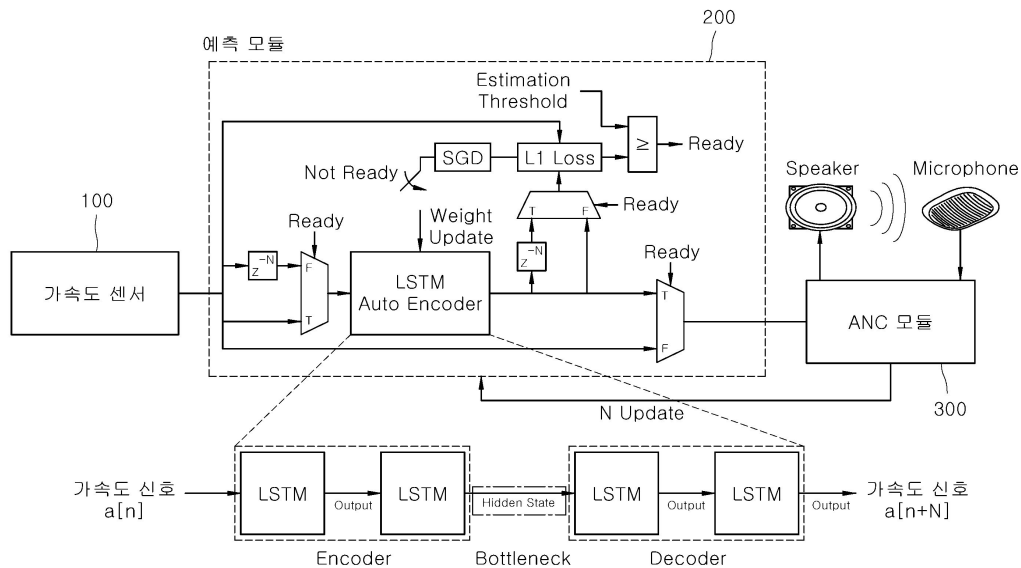
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **가속도 신호 예측 장치 및 방법**

(57) 요약

본 발명의 일 측면에 따른 가속도 신호 예측 장치는 ANC(Active Noise Control)를 위해 차량에 장착된 가속도 센서의 가속도 신호를 예측하며, 상기 가속도 센서에 의해 가속도 신호가 획득된 시점 대비 N 샘플 이후의 가속도 신호를 예측하도록 미리 정의된 예측 알고리즘을 학습시키고(N은 자연수), 학습 완료된 예측 알고리즘에 기준 시점에서 획득된 기준 가속도 신호를 적용하여, 상기 기준 시점 대비 N 샘플 이후의 예측 가속도 신호를 생성하는 예측 모듈; 및 상기 예측 모듈에 의해 생성된 예측 가속도 신호를 기반으로 ANC를 수행하는 ANC 모듈;을 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도



(52) CPC특허분류

G06N 20/00 (2021.08)

B60Y 2306/09 (2013.01)

B60Y 2400/304 (2013.01)

G10K 2210/1282 (2013.01)

G10K 2210/3027 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

ANC(Active Noise Control)를 위해 차량에 장착된 가속도 센서의 가속도 신호를 예측하는 장치로서,
 상기 가속도 센서에 의해 가속도 신호가 획득된 시점 대비 N 샘플 이후의 가속도 신호를 예측하도록 미리 정의된 예측 알고리즘을 학습시키고(N 은 자연수), 학습 완료된 예측 알고리즘에 기준 시점에서 획득된 기준 가속도 신호를 적용하여, 상기 기준 시점 대비 N 샘플 이후의 예측 가속도 신호를 생성하는 예측 모듈; 및
 상기 예측 모듈에 의해 생성된 예측 가속도 신호를 기반으로 ANC를 수행하는 ANC 모듈;
 을 포함하는 것을 특징으로 하는 가속도 신호 예측 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 N 샘플은, 상기 가속도 신호에 반영된 노면 진동이 음파로 변환되어 상기 차량의 실내에 도달하는데 소요되는 시간을 지표하는 것을 특징으로 하는 가속도 신호 예측 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 예측 모듈은, 현재 시점에서 획득된 현재 가속도 신호를 N 샘플만큼 지연시켜 상기 예측 알고리즘에 입력하고, 상기 예측 알고리즘으로부터 출력되는 출력 가속도 신호와 상기 현재 가속도 신호를 비교하여 상기 예측 알고리즘을 학습시키는 것을 특징으로 하는 가속도 신호 예측 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,
 상기 예측 모듈은, 확률적 경사 하강법(SGD: Stochastic Gradient Decent)을 기반으로, 상기 현재 가속도 신호와 상기 예측 알고리즘으로부터 출력되는 출력 가속도 신호 간의 오차 파라미터가 작아지도록 상기 예측 알고리즘의 가중치를 갱신하는 방식을 통해 상기 예측 알고리즘을 학습시키는 것을 특징으로 하는 가속도 신호 예측 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 ANC 모듈에 의해 ANC가 수행되기 이전에, 상기 예측 모듈은, 상기 예측 알고리즘에 상기 기준 가속도 신호가 입력됨에 따라 출력되는 상기 예측 가속도 신호를 N 샘플만큼 지연시키고, 지연된 신호와 상기 기준 가속도 신호 간의 오차 파라미터를 산출하여 상기 예측 알고리즘의 학습 정도를 검증하는 것을 특징으로 하는 가속도 신호 예측 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 ANC 모듈은, 상기 예측 가속도 신호를 토대로, 상기 기준 가속도 신호에 반영된 노면 소음을 상쇄하기 위한 상쇄 음파를 생성하여 출력하는 것을 특징으로 하는 가속도 신호 예측 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 예측 모듈이 N 의 초기값을 k 로 설정하여 상기 예측 알고리즘을 학습시키는 학습 과정과(k 는 자연수), 상기 예측 모듈이 학습 완료된 예측 알고리즘을 기반으로 상기 예측 가속도 신호를 생성하는 생성 과정과, 상기 ANC 모듈이 상기 예측 가속도 신호를 기반으로 ANC를 수행하는 ANC 과정과, k 의 값이 증가되는 과정이 반복 수행됨에 따라 k 의 값이 K 의 값에 도달한 시점에서(K 는 k 보다 큰 자연수), 상기 ANC 과정에서 획득된 차량 실내 소음들 중 그 크기가 최소인 경우에 해당하는 k 의 값이 N 의 값으로 결정되는 것을 특징으로 하는 가속도 신호 예측 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 예측 알고리즘은 LSTM(Long Short Term Memory) Auto Encoder로 구현되는 것을 특징으로 하는 가속도 신호 예측 장치.

청구항 9

ANC(Active Noise Control)를 위해 차량에 장착된 가속도 센서의 가속도 신호를 예측하는 방법으로서,

예측 모듈이, 상기 가속도 센서에 의해 가속도 신호가 획득된 시점 대비 N 샘플 이후의 가속도 신호를 예측하도록 미리 정의된 예측 알고리즘을 학습시키는 단계(N 는 자연수);

상기 예측 모듈이, 학습 완료된 예측 알고리즘에 기준 시점에서 획득된 기준 가속도 신호를 적용하여, 상기 기준 시점 대비 N 샘플 이후의 예측 가속도 신호를 생성하는 단계; 및

ANC 모듈이, 상기 생성된 예측 가속도 신호를 기반으로 ANC를 수행하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 가속도 신호 예측 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 N 샘플은, 상기 가속도 신호에 반영된 노면 진동이 음파로 변환되어 상기 차량의 실내에 도달하는데 소요되는 시간을 지표하는 것을 특징으로 하는 가속도 신호 예측 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 학습시키는 단계에서, 상기 예측 모듈은,

현재 시점에서 획득된 현재 가속도 신호를 N 샘플만큼 지연시켜 상기 예측 알고리즘에 입력하고, 상기 예측 알고리즘으로부터 출력되는 출력 가속도 신호와 상기 현재 가속도 신호를 비교하여 상기 예측 알고리즘을 학습시키는 것을 특징으로 하는 가속도 신호 예측 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 학습시키는 단계에서, 상기 예측 모듈은,

확률적 경사 하강법(SGD: Stochastic Gradient Decent)을 기반으로, 상기 현재 가속도 신호와 상기 예측 알고리즘으로부터 출력되는 출력 가속도 신호 간의 오차 파라미터가 작아지도록 상기 예측 알고리즘의 가중치를 갱신하는 방식을 통해 상기 예측 알고리즘을 학습시키는 것을 특징으로 하는 가속도 신호 예측 방법.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 생성하는 단계 이후와 상기 수행하는 단계 사이에,

상기 예측 모듈이, 상기 예측 알고리즘에 상기 기준 가속도 신호가 입력됨에 따라 출력되는 상기 예측 가속도 신호를 N 샘플만큼 지연시키고, 지연된 신호와 상기 기준 가속도 신호 간의 오차 파라미터를 산출하여 상기 예측 알고리즘의 학습 정도를 검증하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 가속도 신호 예측 방법.

청구항 14

제9항에 있어서,

상기 수행하는 단계에서, 상기 ANC 모듈은,

상기 예측 가속도 신호를 토대로, 상기 기준 가속도 신호에 반영된 노면 소음을 상쇄하기 위한 상쇄 음파를 생성하여 출력하는 것을 특징으로 하는 가속도 신호 예측 방법.

청구항 15

제9항에 있어서,

N의 초기값이 k로 설정된 상태에서(k는 자연수), 상기 학습시키는 단계, 상기 생성하는 단계, 상기 수행하는 단계 및 k의 값을 증가시키는 단계가 반복 수행됨에 따라 k의 값이 K의 값에 도달한 시점에서(K는 k보다 큰 자연수), 상기 수행하는 단계에서 획득된 차량 실내 소음들 중 그 크기가 최소인 경우에 해당하는 k의 값이 N의 값으로 결정되는 것을 특징으로 하는 가속도 신호 예측 방법.

청구항 16

제9항에 있어서,

상기 예측 알고리즘은 LSTM(Long Short Term Memory) Auto Encoder로 구현되는 것을 특징으로 하는 가속도 신호 예측 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 가속도 신호 예측 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 ANC(Active Noise Control)에 사용되는 가속도 신호를 예측하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0003] 일반적으로 타이어가 노면과 접촉할 때 발생하는 노면 소음을 줄이기 위하여 R-ANC(Road-noise Active Noise Control)와 같은 능동 노면 소음 저감 방법이 사용된다. R-ANC 시스템은 도 1에 도시된 것과 같이 가속도 센서를 통해 노면에서 차량으로 전달되는 진동을 측정하고, 소음의 유형과 크기를 분석한 뒤 상쇄 음파 신호를 출력하여 소음을 차단하도록 동작한다. 즉, 가속도 센서의 입력 값에 매칭되는 임의의 위상을 갖는 상쇄 음파 신호를 출력하고, 마이크를 통해 차량 실내 소음을 측정하며, 차량 실내 소음의 크기가 감소할 경우 현재 출력되는 상쇄 음파 신호를 유지하고, 노면 소음에 대한 상쇄 간섭 수준이 크지 않을 경우 상쇄 음파 신호의 신호의 진폭 및 위상을 변경하도록 동작한다.
- [0004] 노면 소음이 탑승자에게 도달하는데 일반적으로 약 9ms가 소요되는데, R-ANC 시스템은 노면 소음이 탑승자에게 도달하기 전에 상쇄 음파 신호를 생성 및 출력함으로써 차량 실내 소음 수준을 감소시킨다. 따라서, 별도의 흡음재 또는 방음재를 사용하는 방법 대비 차체 무게를 증가시키지 않으면서 효과적으로 소음을 줄일 수 있다. 나아가, 전기자동차의 경우 엔진 소음이 없기 때문에 상대적으로 노면 소음이 두드러지는데, 능동 노면 소음 저감 방법을 사용하면 보다 정숙한 친환경 차량을 만들 수 있어, R-ANC 시스템에 대한 적용이 증가하는 추세에 있다.
- [0005] 본 발명의 배경기술은 대한민국 공개특허공보 제10-2007-0093519호(2007.09.19. 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 도 2에 도시된 것과 같이 노면 소음은 전 주파수 대역에 분포하며, 500Hz 이상의 주파수 영역에서는 타이어에서 발생한 소리가 공기중으로 전달되므로 가속도 센서를 사용한 노면 소음 저감 방법은 30 ~ 500Hz 대역의 신호 저감을 목표로 한다. 하지만, 350Hz 이상의 고주파 대역의 경우 진동이 음파로 변환되어 탑승자에게 도달하는 시간 예측이 정확하지 않고, 시간에 따른 위상 변화가 크므로 상쇄 간섭이 아닌 보강 간섭이 발생할 수 있어 소음 저감 효과가 미미하다.
- [0008] 최근, 고주파 신호에 대한 상쇄 효과를 향상시키기 위해 필터를 사용하여 고주파 신호를 예측하거나 헤드 레스트에 스피커를 장착하여 음파 도달 시간을 단축하려는 등의 방법이 고안되고 있다. 하지만, 필터 기반 고주파 신호 예측 방법은 보통 크기 추정에 최적화되어 있으므로 위상 정확도가 높지 않으며, 헤드 레스트 스피커의 경우 하드웨어가 추가로 사용되므로 비용이 상승하는 문제가 있다.
- [0009] 나아가, 통상의 R-ANC 시스템은 스피커를 사용하여 차량 실내 소음 수준을 모니터링하는 closed loop control 방법을 사용하며, 변동성이 큰 고주파 성분의 신호는 반응성이 느린 closed loop control을 통해 상쇄하기 쉽지 않은 문제가 있다.
- [0010] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로서, 본 발명의 일 측면에 따른 목적은 가속도 센서로부터 현재 입력된 가속도 신호를 기반으로 일정 시간 후의 가속도 신호를 예측하여 R-ANC를 수행함으로써, 고주파 성분을 갖는 노면 소음에 대하여 R-ANC의 느린 반응성을 향상시켜 차량 실내 소음을 효과적으로 제거할 수 있는 가속도 신호 예측 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명의 일 측면에 따른 가속도 신호 예측 장치는 ANC(Active Noise Control)를 위해 차량에 장착된 가속도 센서의 가속도 신호를 예측하며, 상기 가속도 센서에 의해 가속도 신호가 획득된 시점 대비 N 샘플 이후의 가속도 신호를 예측하도록 미리 정의된 예측 알고리즘을 학습시키고(N은 자연수), 학습 완료된 예측 알고리즘에 기준 시점에서 획득된 기준 가속도 신호를 적용하여, 상기 기준 시점 대비 N 샘플 이후의 예측 가속도 신호를 생성하는 예측 모듈; 및 상기 예측 모듈에 의해 생성된 예측 가속도 신호를 기반으로 ANC를 수행하는 ANC 모듈;을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 본 발명에 있어 상기 N 샘플은, 상기 가속도 신호에 반영된 노면 진동이 음파로 변환되어 상기 차량의 실내에 도달하는데 소요되는 시간을 지표하는 것을 특징으로 한다.

- [0014] 본 발명에 있어 상기 예측 모듈은, 현재 시점에서 획득된 현재 가속도 신호를 N 샘플만큼 지연시켜 상기 예측 알고리즘에 입력하고, 상기 예측 알고리즘으로부터 출력되는 출력 가속도 신호와 상기 현재 가속도 신호를 비교하여 상기 예측 알고리즘을 학습시키는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 본 발명에 있어 상기 예측 모듈은, 확률적 경사 하강법(SGD: Stochastic Gradient Decent)을 기반으로, 상기 현재 가속도 신호와 상기 예측 알고리즘으로부터 출력되는 출력 가속도 신호 간의 오차 파라미터가 작아지도록 상기 예측 알고리즘의 가중치를 갱신하는 방식을 통해 상기 예측 알고리즘을 학습시키는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 본 발명에 있어 상기 ANC 모듈에 의해 ANC가 수행되기 이전에, 상기 예측 모듈은, 상기 예측 알고리즘에 상기 기준 가속도 신호가 입력됨에 따라 출력되는 상기 예측 가속도 신호를 N 샘플만큼 지연시키고, 지연된 신호와 상기 기준 가속도 신호 간의 오차 파라미터를 산출하여 상기 예측 알고리즘의 학습 정도를 검증하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 본 발명에 있어 상기 ANC 모듈은, 상기 예측 가속도 신호를 토대로, 상기 기준 가속도 신호에 반영된 노면 소음을 상쇄하기 위한 상쇄 음파를 생성하여 출력하는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 본 발명에 있어 상기 예측 모듈이 N 의 초기값을 k 로 설정하여 상기 예측 알고리즘을 학습시키는 학습 과정과(k 는 자연수), 상기 예측 모듈이 학습 완료된 예측 알고리즘을 기반으로 상기 예측 가속도 신호를 생성하는 생성 과정과, 상기 ANC 모듈이 상기 예측 가속도 신호를 기반으로 ANC를 수행하는 ANC 과정과, k 의 값이 증가되는 과정이 반복 수행됨에 따라 k 의 값이 K 의 값에 도달한 시점에서(K 는 k 보다 큰 자연수), 상기 ANC 과정에서 획득된 차량 실내 소음들 중 그 크기가 최소인 경우에 해당하는 k 의 값이 N 의 값으로 결정되는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 본 발명에 있어 상기 예측 알고리즘은 LSTM(Long Short Term Memory) Auto Encoder로 구현되는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 본 발명의 일 측면에 따른 가속도 신호 예측 방법은 ANC(Active Noise Control)를 위해 차량에 장착된 가속도 센서의 가속도 신호를 예측하며, 예측 모듈이, 상기 가속도 센서에 의해 가속도 신호가 획득된 시점 대비 N 샘플 이후의 가속도 신호를 예측하도록 미리 정의된 예측 알고리즘을 학습시키는 단계(N 는 자연수); 상기 예측 모듈이, 학습 완료된 예측 알고리즘에 기준 시점에서 획득된 기준 가속도 신호를 적용하여, 상기 기준 시점 대비 N 샘플 이후의 예측 가속도 신호를 생성하는 단계; 및 ANC 모듈이, 상기 생성된 예측 가속도 신호를 기반으로 ANC를 수행하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 LSTM Auto Encoder와 같은 예측 알고리즘을 토대로 가속도 신호를 예측하여 R-ANC를 수행함으로써 350Hz 이상의 고주파 성분 신호의 변화에 대하여도 R-ANC의 빠른 반응성을 확보할 수 있으며, 추가적인 하드웨어 비용 없이 차량의 정숙성을 향상시킬 수 있다. 또한, 본 발명이 적용된 차량의 노후화에 따라 진동 특성이 변화되거나, 본 발명이 적용되는 차종이 달라지더라도, 예측 대상이 되는 가속도 신호의 샘플 수를 최적화시키는 방식을 채용함으로써 그 적용 확장성 측면에서 이점을 가지며 능동 노면 소음 저감 기능의 자체 유지 보수가 가능할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 종래의 능동 소음 저감 방법을 보인 예시도이다.
- 도 2는 노면 소음의 주파수 대역을 보인 예시도이다.
- 도 3은 본 실시예에 따른 가속도 신호 예측 장치에서 가속도 센서, 스피커 및 마이크의 설치 구조를 보인 예시도이다.
- 도 4는 본 실시예에 따른 가속도 신호 예측 장치를 보인 블록구성도이다.
- 도 5 및 도 6은 본 실시예에 따른 가속도 신호 예측 방법을 보인 흐름도이다.
- 도 7은 본 실시예에 따른 가속도 신호 예측 장치 및 방법을 통해 가속도 신호를 예측한 결과를 보인

예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 가속도 신호 예측 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.
- [0026] 도 3은 본 실시예에 따른 가속도 신호 예측 장치에서 가속도 센서, 스피커 및 마이크의 설치 구조를 보인 예시도이고, 도 4는 본 실시예에 따른 가속도 신호 예측 장치를 보인 블록구성도이다.
- [0027] 먼저, 본 실시예에서 가속도 센서(100)는 노면으로부터 차량으로 전달되는 진동을 측정하도록 동작하며, 도 3에 도시된 것과 같이 전후좌우 각 차륜 부근의 차체에 설치될 수 있다(이하에서 설명하는 본 실시예는 네 개의 가속도 센서 중 어느 하나의 가속도 센서를 대상으로 하는 것으로 설명한다). 스피커 및 마이크는 ANC 기능 수행을 위해 각각 상쇄 음파 신호를 출력하고 차량 실내 소음을 측정하는 구성으로서 기능한다. 도 3에 도시된 것과 같이 스피커는 차량의 전좌측, 전우측, 후좌측, 후우측 및 후측에 각각 설치된 5개의 스피커로 구성될 수 있고, 마이크는 차량의 전좌측, 전우측, 후좌측, 후우측에 각각 설치된 4개의 스피커로 구성될 수 있다. 다만, 도 3의 구조는 일 예시일 뿐, 스피커 및 마이크의 설치 위치 및 개수는 ANC 기능을 수행할 수 있는 범위 내에서 다양한 방식으로 설계될 수 있다.
- [0028] 도 4를 참조하여 본 실시예의 동작을 보다 구체적으로 설명하면, 본 실시예에 따른 가속도 신호 예측 장치는 예측 모듈(200) 및 ANC 모듈(300)을 포함할 수 있다.
- [0029] 예측 모듈(200)은 가속도 센서(100)에 의해 가속도 신호가 획득된 시점 대비 N 샘플 이후의 가속도 신호를 예측하도록 미리 정의된 예측 알고리즘을 학습시키고(N은 자연수), 학습 완료된 예측 알고리즘에 기준 시점에서 획득된 기준 가속도 신호를 적용하여, 기준 시점 대비 N 샘플 이후의 예측 가속도 신호를 생성할 수 있다. 상기한 예측 알고리즘으로는 LSTM(Long Short Term Memory) Auto Encoder가 채용될 수 있다. 또한, 상기한 N 샘플은 가속도 신호에 반영된 노면 진동이 음파로 변환되어 차량의 실내로 도달하는데 소요되는 시간을 지표한다. 즉, 본 실시예는 현재 가속도 신호를 토대로, 노면 진동에 따른 소음이 차량 실내로 도달하는데 소요되는 시간인 N 샘플 이후의 가속도 신호를 예측하여 R-ANC를 수행함으로써, 고주파 성분 신호의 큰 변화에 대하여도 R-ANC의 빠른 반응성을 확보하는 것에 포커싱한다.
- [0030] 먼저, 예측 알고리즘에 대한 학습 과정에 대하여 설명하면, 예측 모듈(200)은 현재 시점에서 획득된 현재 가속도 신호를 N 샘플만큼 지연시켜(즉, N 샘플만큼 앞당겨)(본 기술분야의 실무적 용어에 따라 '지연'은 시간이 앞당긴 상태를 의미하는 것으로 설명한다) 예측 알고리즘에 입력하고, 예측 알고리즘으로부터 출력되는 출력 가속도 신호와 현재 가속도 신호를 비교하여 예측 알고리즘을 학습시킬 수 있다.
- [0031] 현재 가속도 신호 및 출력 가속도 신호 간의 비교 시 예측 알고리즘의 예측 정확도를 정량적으로 평가하기 위해, 현재 가속도 신호 및 출력 가속도 신호 간의 오차 파라미터로서 L1 Loss가 채용될 수 있으며, 본 실시예에서 L1 Loss는 하기 수학적 식 1에 따라 표현될 수 있다.

수학적 식 1

$$L1\ Loss = \sum_{i=1}^m |a[n]_i - f(a[n - N])_i|$$

- [0032]
- [0033] 수학적 식 1에서 $a[n]$ 은 현재 가속도 신호이고, $f()$ 는 예측 알고리즘(즉, LSTM Auto Encoder)의 처리 함수이며, $f(a[n-N])$ 은 현재 가속도 신호($a[n]$)가 N 샘플만큼 지연된 신호($a[n-N]$)가 예측 알고리즘에 입력된 후 예측 알고리즘으로부터 출력되는 출력 가속도 신호이다. n 은 현재 시점을 나타내는 노테이션이고, i 및 m 은 L1 Loss가 산출되는 횟수를 나타내는 노테이션이다.
- [0034] 이에 따라, 예측 모듈(200)은 확률적 경사 하강법(SGD: Stochastic Gradient Decent)을 기반으로, 현재 가속도 신호와 예측 알고리즘으로부터 출력되는 출력 가속도 신호 간의 오차 파라미터(즉, L1 Loss)가 작아지도록 예측

알고리즘의 가중치(즉, LSTM Auto Encoder의 weight)를 갱신하는 방식을 통해 예측 알고리즘을 학습시킬 수 있다. 이 경우, 오차 파라미터가 미리 설정된 임계값(Estimation Threshold) 이하가 될 경우 예측 알고리즘에 대한 학습이 완료될 수 있다. 위와 같은 학습 과정은 현재 가속도 신호를 토대로 앞으로의 N 샘플 동안의 가속도 신호 변화를 예측하기 위한 과정에 해당하며, 따라서 도 4에 도시된 것과 같이 비지도 학습(Unsupervised Learning)이 가능하다.

[0035] 예측 알고리즘에 대한 학습이 완료되면, 예측 모듈(200)은 학습 완료된 예측 알고리즘에 기준 시점(즉, 예측 가속도 신호를 생성하는 현재 시점)에서 획득된 기준 가속도 신호(전술한 현재 가속도 신호와의 용어 구분을 위해 '기준' 가속도 신호로 표기하였다)를 적용하여, 기준 시점 대비 N 샘플 이후의 예측 가속도 신호를 생성할 수 있다.

[0036] 위 생성된 예측 가속도 신호를 토대로 ANC를 수행하기 앞서, 예측 모듈(200)은 예측 가속도 신호를 토대로 예측 알고리즘의 학습 정도를 우선적으로 검증할 수도 있으며, 구체적으로 예측 모듈(200)은 예측 알고리즘에 기준 가속도 신호가 입력됨에 따라 출력되는 예측 가속도 신호를 N 샘플만큼 지연시키고, 지연된 신호와 기준 가속도 신호 간의 오차 파라미터를 비교하는 방식으로 예측 알고리즘의 학습 정도를 검증할 수 있다. 전술한 내용과 마찬가지로 오차 파라미터는 L1 Loss가 채용될 수 있으며, 예측 알고리즘의 학습 정도를 검증하는 과정에서의 L1 Loss는 하기 수학적 식 2에 따라 표현될 수 있다.

수학적 식 2

$$L1\ Loss = \sum_{i=1}^m |a[n]_i - f(a[n])[n - N]|$$

[0037]

[0038] 수학적 식 2에서 $a[n]$ 은 기준 가속도 신호이고, $f()$ 는 예측 알고리즘(즉, LSTM Auto Encoder)의 처리 함수이며, $f(a[n])[n-N]$ 은 예측 가속도 신호($f(a[n])$)가 N 샘플만큼 지연된 신호이다. n 은 현재 시점을 나타내는 노테이션이고, i 및 m 은 L1 Loss가 산출되는 횟수를 나타내는 노테이션이다.

[0039] 즉, 예측 알고리즘의 학습 과정에서는 수학적 식 1에 따라 현재 가속도 신호를 N 샘플 지연시켜 예측 알고리즘에 입력한 후 그 출력 가속도 신호를 현재 가속도 신호와 비교하는 방식이 적용되고, 예측 알고리즘의 검증 과정에서는 수학적 식 2에 따라 출력 가속도 신호(즉, 상기한 예측 가속도 신호)를 N 샘플 지연시킨 후 지연된 신호를 예측 알고리즘의 입력 신호(즉, 상기한 기준 가속도 신호)와 비교하는 방식이 적용된다.

[0040] 수학적 식 2에 따른 오차 파라미터가 미리 설정된 임계값(Estimation Threshold) 이하인 경우 예측 알고리즘에 대한 학습 정도가 검증된 것으로 판단될 수 있으며, 이후 ANC 모듈(300)은 예측 모듈(200)에 의해 생성된 예측 가속도 신호를 기반으로 ANC(즉, R-ANC)를 수행할 수 있다. 이 경우, ANC 모듈(300)은 예측 가속도 신호를 토대로 기준 가속도 신호에 반영된 노면 소음을 상쇄하기 위한 상쇄 음파를 생성하여 스피커를 통해 출력할 수 있으며, 이후 마이크를 통해 측정되는 차량 실내 소음이 미리 설정된 소음 임계값 이하면 현재의 상쇄 음파 출력 상태를 유지할 수 있다. 만약, 차량 실내 소음이 소음 임계값을 초과하면 상쇄 음파의 크기 및 위상을 조절하여 상쇄 음파를 재생성한 후 스피커를 통해 출력할 수 있으며, 위 동작은 차량 실내 소음이 소음 임계값 이하가 될 때까지 반복된다.

[0041] 한편, 노면 진동이 음파로 변환되어 차량의 실내로 도달하는데 소요되는 시간은 차량 구조 또는 프로세서의 성능에 따라 달라지므로, 본 실시예에서 예측해야 하는 최적의 예측 샘플 수(즉, N의 값)는 차량마다 달라져야 한다. 본 실시예에서는 N의 값을 변경해가면서 차량 실내 소음의 크기가 최소인 경우를 판단하는 방식으로 N의 값을 결정하는 구성을 채용한다.

[0042] 구체적으로, 예측 모듈(200)이 N의 초기값을 k 로 설정하여 예측 알고리즘을 학습시키는 학습 과정과(k 는 자연수), 학습 완료된 예측 알고리즘을 기반으로 상기 예측 가속도 신호를 생성하는 생성 과정과, 예측 가속도 신호를 기반으로 예측 알고리즘의 학습 정도를 검증하는 검증 과정과, ANC 모듈(300)이 예측 가속도 신호를 기반으로 ANC를 수행하는 ANC 과정과, k 의 값이 증가되는 과정이 반복 수행됨에 따라 k 의 값이 K의 값에 도달한 시점에서(K 는 k 보다 큰 자연수), 상기 ANC 과정에서 획득된 차량 실내 소음들 중 그 크기가 최소인 경우에 해당하는 k 의 값이 N의 값으로 결정될 수 있다. k 의 값의 증가분은 1에 해당할 수 있다.

[0043] k 는 2이고 K 는 5이며 차량 실내 소음 신호가 어레이 변수 $S[k]$ 에 저장되는 경우를 들어 구체적인 예시로서 설명

하면 다음과 같다.

- [0044] i) 먼저 N 이 k 값인 2로 초기 설정된 상태에서 상기한 학습 과정, 생성 과정, 검증 과정 및 ANC 과정이 수행되고, ANC 과정에서 측정된 차량 실내 소음 신호가 $S[2]$ 에 저장되며 k 값은 3으로 증가된다.
- [0045] ii) 다음으로, 증가한 k 값인 3으로 N 이 설정된 상태에서 상기한 학습 과정, 생성 과정, 검증 과정 및 ANC 과정이 수행되고, ANC 과정에서 측정된 차량 실내 소음 신호가 $S[3]$ 에 저장되며 k 값은 4로 증가된다.
- [0046] iii) 다음으로, 증가한 k 값인 4로 N 이 설정된 상태에서 상기한 학습 과정, 생성 과정, 검증 과정 및 ANC 과정이 수행되고, ANC 과정에서 측정된 차량 실내 소음 신호가 $S[4]$ 에 저장되며 k 값은 5로 증가된다.
- [0047] iv) k 값이 K 값인 5에 도달하였기 때문에, 차량 실내 소음 신호인 $S[2]$, $S[3]$, $S[4]$ 의 크기가 비교되며, $S[3]$ 의 크기가 최소인 경우를 상정하면 N 의 값은 3으로 결정된다.
- [0048] 위의 과정은, 예를 들어 차량이 출고된 이후에는 해당 차량의 구조에 따라 N 의 값을 최적화하는 경우에 적용될 수 있다.
- [0049] 위와 같이 N 의 값이 최종 결정되면, 결정된 N 의 값에 따라 전술한 예측 모듈(200) 및 ANC 모듈(300)이 동작하여 기준 가속도 신호가 획득된 시점(즉, 전술한 기준 시점) 대비 N 샘플 이후의 예측 가속도 신호가 생성되고, 생성된 예측 가속도 신호를 기반으로 ANC가 수행되어, 저주파 영역뿐만 아니라 고주파 영역에서도 노면 소음에 대하여 R-ANC의 빠른 반응성이 확보될 수 있다.
- [0050] 도 5 및 도 6은 본 실시예에 따른 가속도 신호 예측 방법을 보인 흐름도로서, 도 5 및 도 6을 참조하여 본 실시예의 가속도 신호 예측 방법을 설명하며, 전술한 내용과 중복되는 부분에 대한 구체적인 설명은 생략하고 그 시계열적인 구성을 중심으로 설명한다.
- [0051] 도 5를 참조하면, 먼저 예측 모듈(200)은 가속도 센서(100)에 의해 가속도 신호가 획득된 시점 대비 N 샘플 이후의 가속도 신호를 예측하도록 미리 정의된 예측 알고리즘을 학습시킨다(S100). S100 단계에서, 예측 모듈(200)은 현재 시점에서 획득된 현재 가속도 신호를 N 샘플만큼 지연시켜 예측 알고리즘에 입력하고(S110), 예측 알고리즘으로부터 출력되는 출력 가속도 신호와 현재 가속도 신호 간의 오차 파라미터($L1$ Loss)를 산출하며(S120), 산출된 오차 파라미터가 미리 설정된 임계값 이하인지 여부를 판단한다(S130). S110 단계 내지 S130 단계는 오차 파라미터가 임계값 이하가 될 때까지 반복 수행되며, 반복 수행되는 S110 단계 내지 S130 단계를 통해 확률적 경사 하강법(SGD: Stochastic Gradient Decent)에 따라 오차 파라미터가 작아지도록 예측 알고리즘의 가중치가 갱신된다.
- [0052] S100 단계를 통해 예측 알고리즘의 학습이 완료되면, 예측 모듈(200)은 학습 완료된 예측 알고리즘에 기준 시점에서 획득된 기준 가속도 신호를 적용하여, 기준 시점 대비 N 샘플 이후의 예측 가속도 신호를 생성한다(S200).
- [0053] 이어서, 예측 모듈(200)은 예측 가속도 신호를 토대로 예측 알고리즘의 학습 정도를 검증한다(S300). S300 단계에서, 예측 모듈(200)은 예측 알고리즘에 기준 가속도 신호가 입력됨에 따라 출력되는 예측 가속도 신호를 N 샘플만큼 지연시키고, 지연된 신호와 기준 가속도 신호 간의 오차 파라미터($L1$ Loss)를 산출하며(S310), 산출된 오차 파라미터가 미리 설정된 임계값 이하인 경우(S320) 예측 알고리즘에 대한 학습 정도가 검증된 것으로 판단한다. 만약, S320 단계에서 오차 파라미터가 임계값을 초과하는 경우 S100 단계부터 재수행된다.
- [0054] S300 단계를 통해 예측 알고리즘에 대한 학습 정도가 검증된 경우, ANC 모듈(300)은 S200 단계에서 생성된 예측 가속도 신호를 기반으로 ANC를 수행한다(S400). S400 단계에서, ANC 모듈(300)은 예측 가속도 신호를 토대로 기준 가속도 신호에 반영된 노면 소음을 상쇄하기 위한 상쇄 음파를 생성하여 스피커를 통해 출력하고(S410), 마이크를 통해 차량 실내 소음을 획득하며(S420), 획득된 차량 실내 소음이 미리 설정된 소음 임계값 이하인(S430) 현재의 상쇄 음파 출력 상태를 유지할 수 있다. 만약, S430 단계에서 차량 실내 소음이 소음 임계값을 초과하는 경우 S410 단계 내지 S430 단계가 재차 수행되며, 즉 S410 단계를 통해 상쇄 음파의 크기 및 위상을 조절되어 상쇄 음파가 재생성된 후 스피커를 통해 출력되고, S420 단계를 통해 차량 실내 소음이 획득되며, S430 단계를 통해 차량 실내 소음이 소음 임계값과 비교된다. S410 단계 내지 S430 단계는 차량 실내 소음이 소음 임계값 이하가 될 때까지 반복 수행된다.
- [0055] 한편, 전술한 것과 같이 본 실시예에서는 N 의 값을 변경해가면서 차량 실내 소음의 크기가 최소인 경우를 판단하는 방식으로 N 의 값을 결정하는 구성을 채용하며, 이 과정에서 전술한 S100 단계 내지 S400 단계가 그대로 적용될 수 있다.

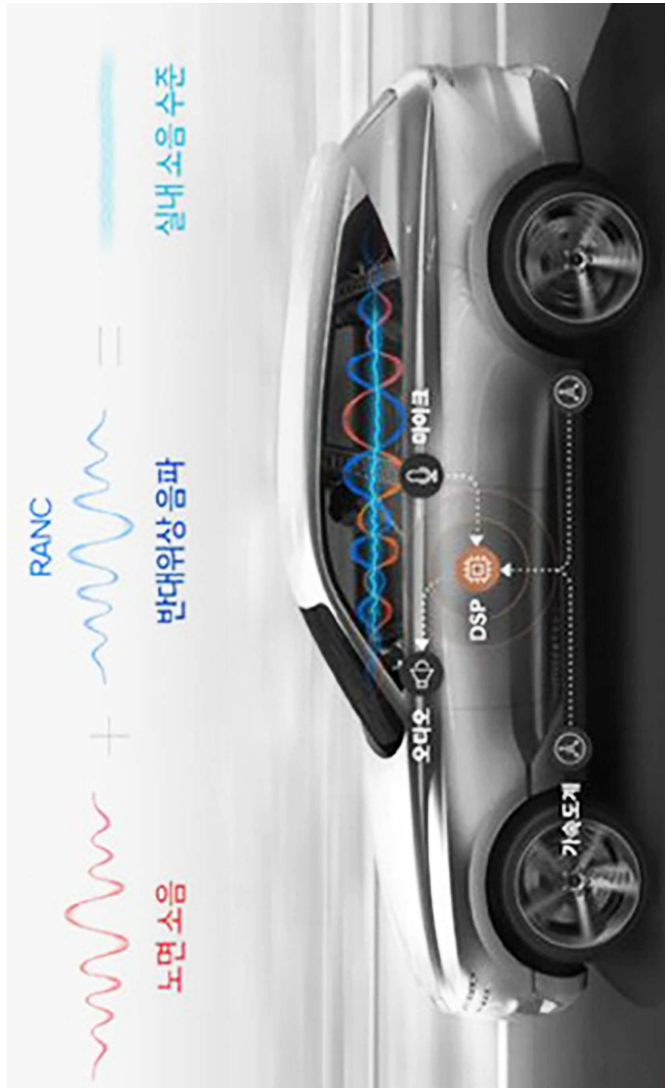
- [0056] 즉, 도 6에 도시된 것과 같이, N의 초기값이 k로 설정된 상태에서, S100 단계 내지 S400 단계와 k의 값을 1만큼 증가시키는 단계($k = k+1$)가 반복 수행됨에 따라 k의 값이 K의 값에 도달한 시점에서($k = K$), S400 단계에서 획득된 차량 실내 소음들 중 그 크기가 최소인 경우에 해당하는 k의 값이 N의 값으로 결정된다. N의 값이 최종 결정되면, 결정된 N의 값에 따라 S100 단계 내지 S400 단계가 차후 수행되며, 이에 따라 저주파 영역뿐만 아니라 고주파 영역에서도 노면 소음에 대하여 R-ANC의 빠른 반응성이 확보될 수 있다.
- [0057] 도 7은 본 실시예를 통해 가속도 신호를 예측한 결과를 보인 예시도로서, 학습 완료된 예측 알고리즘을 기반으로 예측 가속도 신호를 생성할 시, 작은 잡음 수준의 차이는 있지만 정확하게 신호 변화를 예측하는 것을 확인할 수 있으며, 따라서 가속도 신호 변화를 예측하여 R-ANC 반응 속도를 향상시킬 수 있으므로 효과적으로 고주파 대역의 노면 소음을 제거할 수 있다.
- [0058] 이와 같이 본 실시예는 LSTM Auto Encoder와 같은 예측 알고리즘을 토대로 가속도 신호를 예측하여 R-ANC를 수행함으로써 350Hz 이상의 고주파 성분 신호의 변화에 대하여도 R-ANC의 빠른 반응성을 확보할 수 있으며, 추가적인 하드웨어 비용 없이 차량의 정숙성을 향상시킬 수 있다. 또한, 본 발명이 적용된 차량의 노후화에 따라 진동 특성이 변화되거나, 본 발명이 적용되는 차량이 달라지더라도, 예측 대상이 되는 가속도 신호의 샘플 수를 최적화시키는 방식을 채용함으로써 그 적용 확장성 측면에서 이점을 가지며 능동 노면 소음 저감 기능의 자체 유지 보수가 가능할 수 있다.
- [0059] 본 명세서에서 사용된 용어 "모듈"은 하드웨어, 소프트웨어 또는 펌웨어로 구현된 유닛을 포함할 수 있으며, 예를 들면, 로직, 논리 블록, 부품, 또는 회로 등의 용어와 상호 호환적으로 사용될 수 있다. "모듈"은, 일체로 구성된 부품 또는 하나 또는 그 이상의 기능을 수행하는, 상기 부품의 최소 단위 또는 그 일부가 될 수 있다. 예를 들면, 일 실시 예에 따르면, 모듈은 ASIC(Application-Specific Integrated Circuit)의 형태로 구현될 수 있다. 또한, 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.
- [0060] 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 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

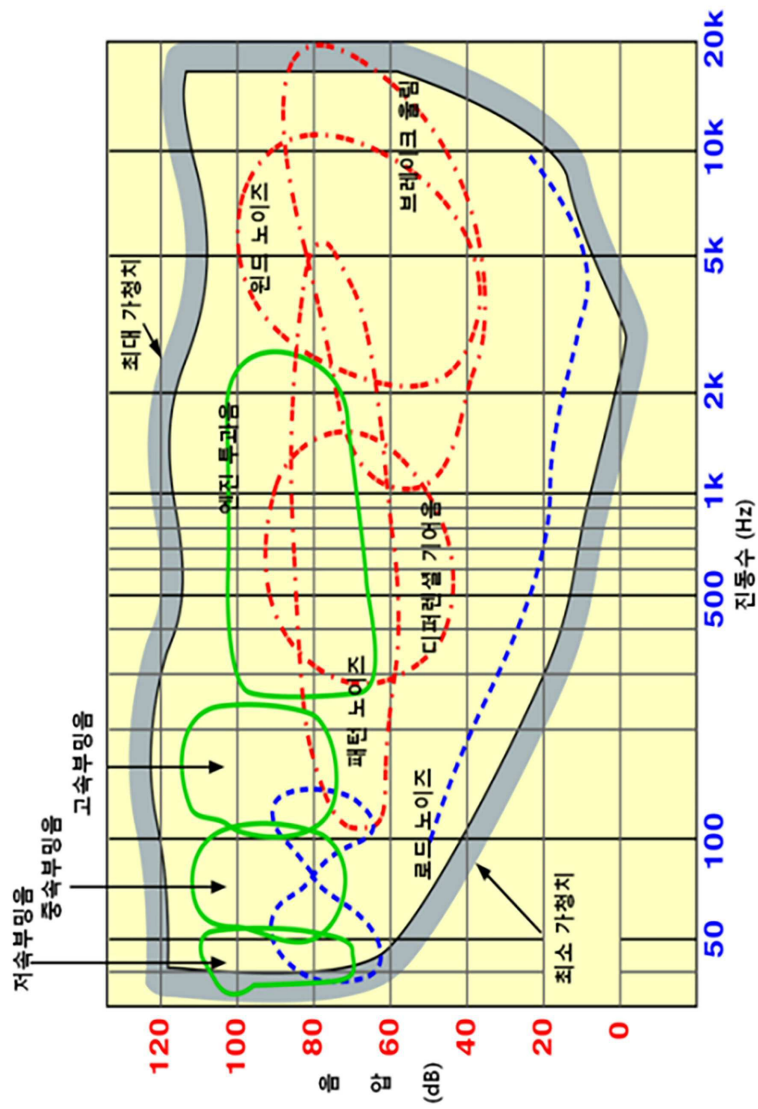
- [0062] 100: 가속도 센서
200: 예측 모듈
300: ANC 모듈

도면

도면1



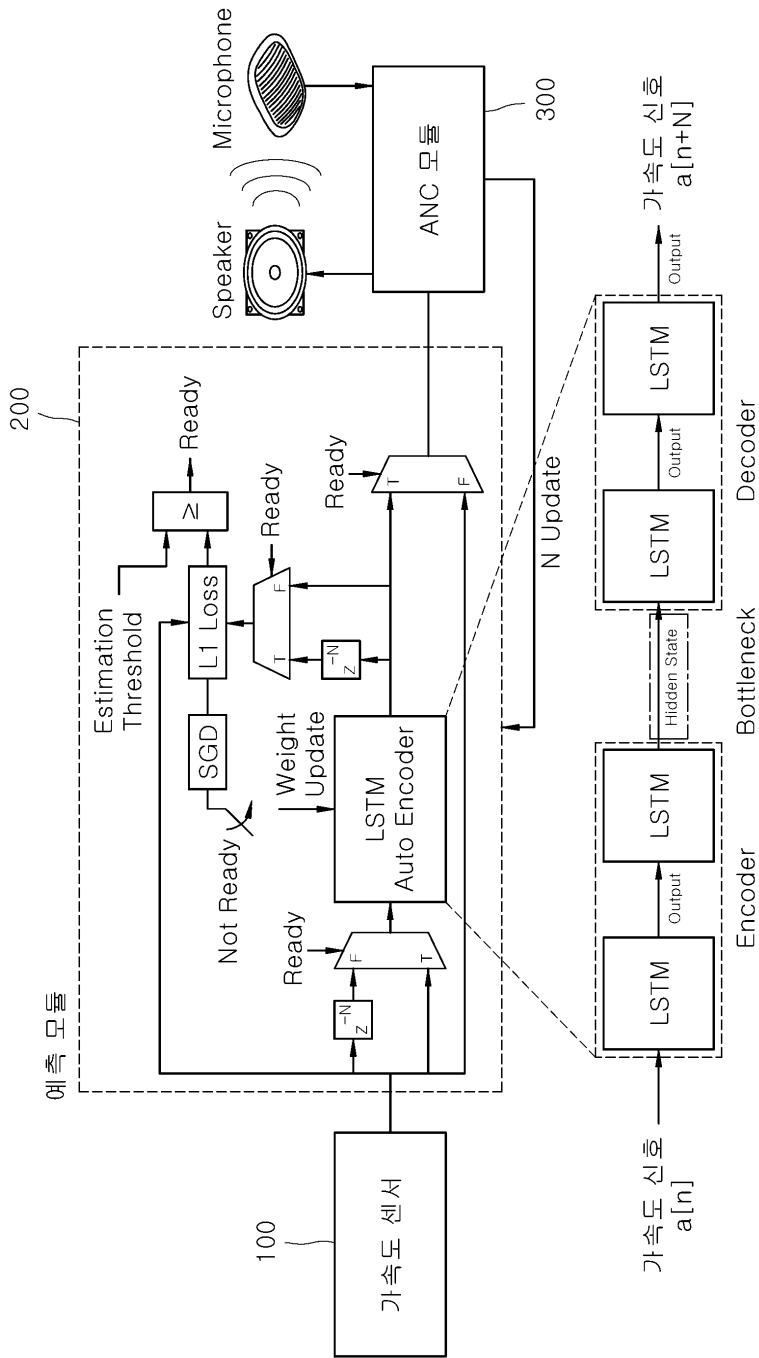
도면2



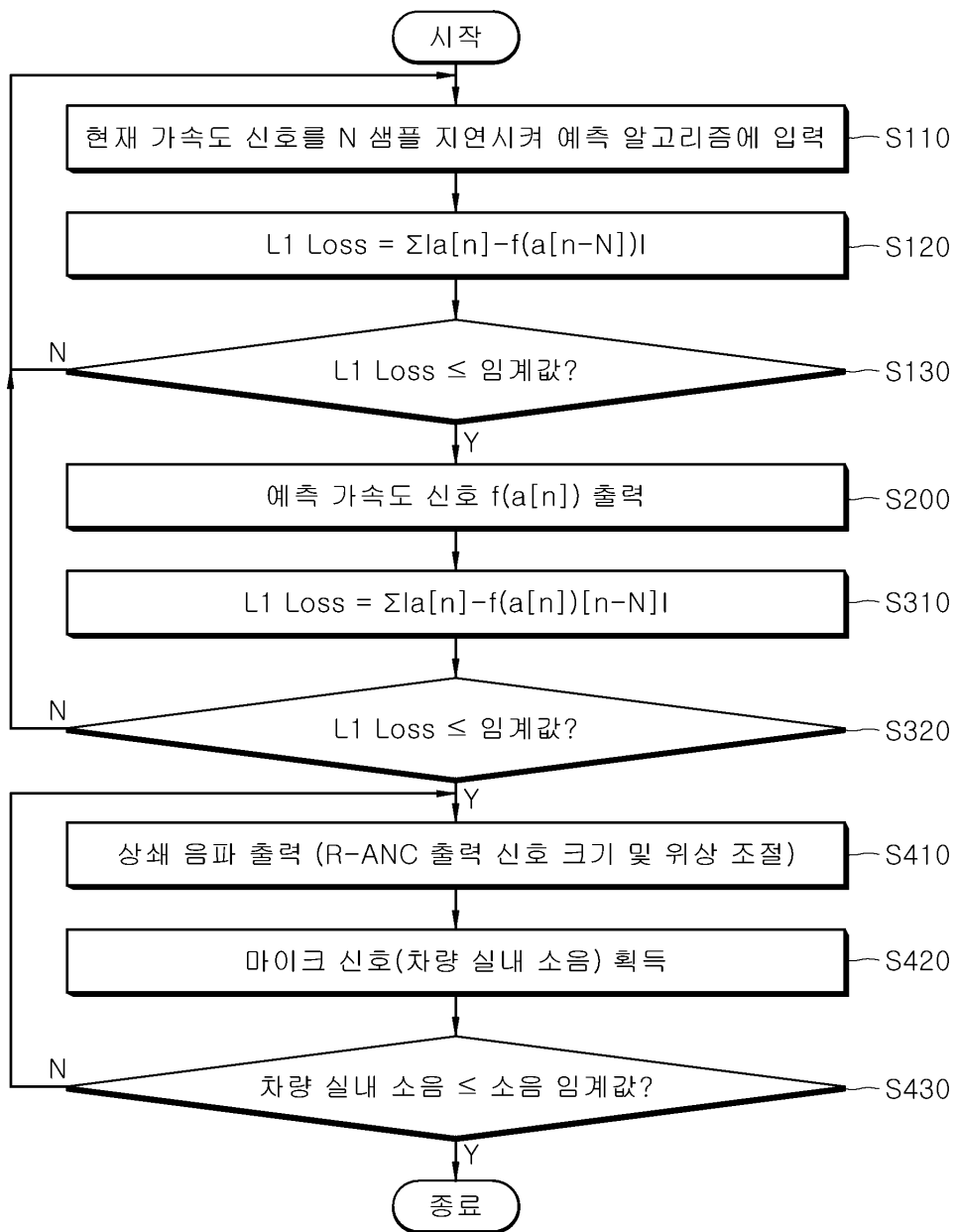
도면3



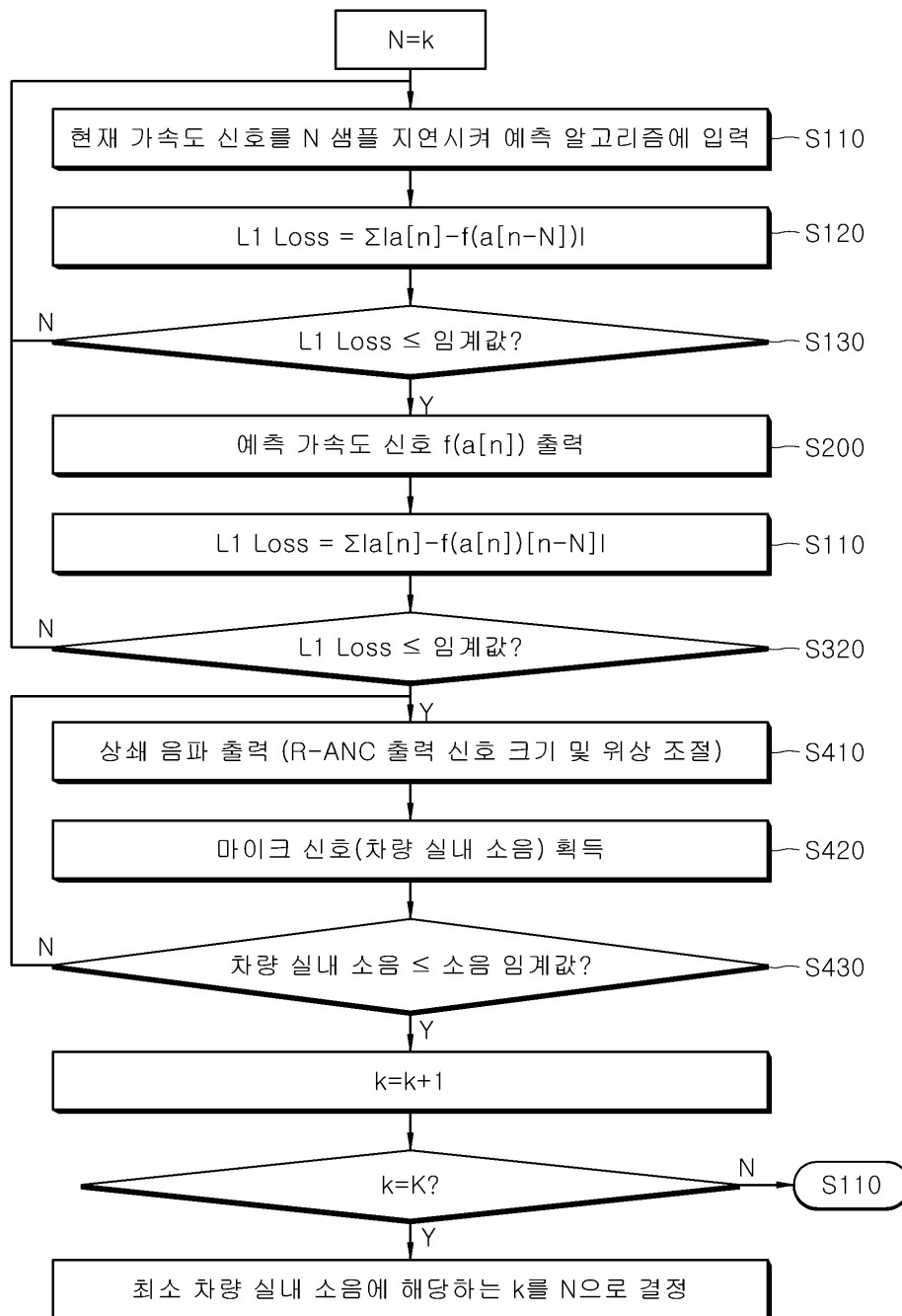
도면4



도면5



도면6



도면7

