(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년08월21일
(11) 등록번호 10-2012679
(24) 등록일자 2019년08월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G10K 11/178 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G10K 11/178 (2013.01)
G10K 2210/1282 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0017849
(22) 출원일자 2018년02월13일
심사청구일자 2018년02월13일
(56) 선행기술조사문헌
JP05341792 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
충남대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
오동호
대전광역시 서구 청사로 70, 누리아파트 113동 1103호
김현석
대전광역시 서구 청사서로 70, 103-307(무궁화아파트, 월평동)
(74) 대리인
장수현

전체 청구항 수 : 총 15 항 심사관 : 김태수

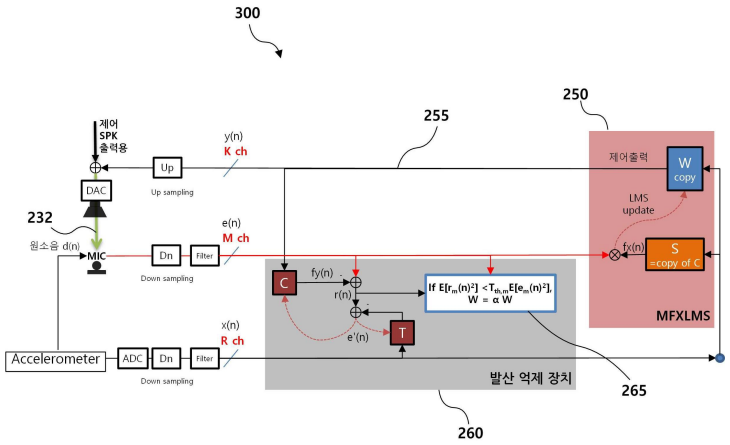
(54) 발명의 명칭 **주파수 대역별 발산 억제에 의한 능동소음제어 방법 및 시스템**

(57) 요 약

본 발명은 주파수 대역별 발산 억제에 의한 능동소음제어 방법 및 시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 상쇄신호에 의해 능동소음제거 처리중인 신호를 주파수 영역에서 나타낸 신호에 대하여 발산 현상을 감지한 경우, 상쇄신호의 크기를 일정 수준 이하로 제어함으로써 소음의 발산을 억제하는 능동소음제어 방법 및 그 방법을 수행하는 시스템에 관한 것이다.

스피커에서 발생시키는 상쇄신호에 의해 능동적으로 소음을 제거하는 시스템에서, 능동소음제거 처리 중인, 주파수 영역으로 나타낸 신호의 크기가 일정 수준 이상 값에 이르게 되는 경우 이를 소음의 발산으로 판단하여, 상쇄신호의 크기를 주파수 영역 가중치에 의해 일정 수준 이하로 제어함으로써, 예기치 않은 소음의 발산 현상을 근본적으로 차단하는, 주파수 대역별 발산 억제에 의한 능동소음제어 방법 및 시스템을 제공한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G10K 2210/3026 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

발산 억제 장치를 구비하는 능동소음제어 시스템으로서,

모델링된 원소음 신호 및 모델링된 마이크 신호를 생성하고, 상쇄제어출력신호의 산출을 위한 가중치에 대하여, 주파수 영역 신호를 이용하여, 발산이 억제된 새로운 가중치를 업데이트하여 생성하는 발산 억제 장치;

진동을 감지하는 가속도계 출력을 모델링한 값에, 가중치를 적용하여, 능동상쇄신호를 생성하는 스피커의 입력 신호인 상쇄제어출력 신호를 산출하는 상쇄제어출력부

를 포함하고,

상기 발산 억제 장치는,

모델링된 원소음 신호 r(f,n)을 생성하는 원소음 신호 생성부;

모델링된 마이크 신호 e'(f,n)을 생성하는 마이크 신호 생성부;

모델링된 마이크 신호 e'(f,n)을 이용하여 LMS 업데이트 알고리즘을 통해 $E[e'(f,n)^2]$을 최소화하는 어댑티브 필터; 및

상기 어댑티브 필터의 출력신호 fy(f,n)과 마이크 신호 e(f,n)으로부터 모델링된 원소음 신호 r(f,n)과, 마이크 신호 e(f,n)의 파워를 모니터링하고 그 크기를 비교하여, 마이크 신호 e(f,n)가 일정 수준 이상일 경우 가중치 W를 감소시킴으로써, 가중치 W의 발산을 억제하는 가중치 제어 모듈

을 포함하고,

상기 f는 주파수인,

발산 억제 장치를 구비하는 능동소음제어 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 모델링된 원소음 신호는,

마이크 신호와 어댑티브 필터 C의 합을 통해 산출되고,

상기 어댑티브 필터 C는,

e'(f,n) 신호를 이용하여 LMS 업데이트 알고리즘을 통해 $E[e'(f,n)^2]$을 최소화하는 역할을 수행하며, 여기서 e'(f,n) 신호는 모델링 블럭에서의 마이크 출력신호인 것

을 특징으로 하는 발산 억제 장치를 구비하는 능동소음제어 시스템.

청구항 3

삭제

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 r(f,n)과 e(f,n)의 비교는,

$$E[r_m(f,n)^2] < T_{th,m}E[e_m(f,n)^2]$$

에 의해 이루어지는 것을 특징으로 하는 발산 억제 장치를 구비하는 능동소음제어 시스템.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 부등식을 만족하지 않으면, 상기 가중치는,

$$W(f,n+1) = \alpha 1 \cdot W(f,n)$$

에 의해 W를 업데이트되고,

상기 부등식을 만족하면, 상기 가중치는,

$$W(f,n+1) = \alpha 2 \cdot W(f,n)$$

에 의해 업데이트되며,

1 > α1 > α2

이고, 상기 α1, α2는 각각 가중치 조정 계수인 것

을 특징으로 하는 발산 억제 장치를 구비하는 능동소음제어 시스템.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 α1은 기 설정된 값을 사용하거나 또는,

$$\alpha 1 = \text{function of}\,(E[r_m(f,n)^2], E[e_m(f,n)^2], T_{th,m})$$

에 의해 업데이트되고,

상기 α2는 기 설정된 값을 사용하거나 또는,

$$\alpha 2 = \text{function of}\,(E[r_m(f,n)^2], E[e_m(f,n)^2], T_{th,m})$$

에 의해 업데이트되는 것을 특징으로 하는 발산 억제 장치를 구비하는 능동소음제어 시스템.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 상쇄제어출력부에서 생성된 상쇄제어출력신호는,

오디오 믹서에서 생성된 제어 스피커 출력신호와 합해져서, 스피커에서 능동상쇄신호로 출력되는 것

을 특징으로 하는 발산 억제 장치를 구비하는 능동소음제어 시스템.

청구항 8

능동소음제어 시스템이, 주파수 영역신호를 이용하여 발산 억제를 통해 능동소음제어를 수행하는 방법으로서,

(a) 상쇄제어출력부에 의해 가중치(W)를 1차 업데이트하는 단계;

(b) 모델링된 원소음 신호 r(f,n)과, 마이크 신호 e(f,n)의 파워를 모니터링하고 그 크기를 비교하여 발산 여부

를 판단하는 단계;

(c) 상기 발산 여부 판단 결과에 따라, 상쇄제어출력신호의 산출을 위한 가중치(W)를 2차 업데이트하는 단계; 및

(d) 상기 업데이트된 가중치를 적용하여 상쇄제어출력신호를 산출하는 단계

를 포함하고,

상기 단계(b)의 신호 크기 비교는,

$$E[r_m(f,n)^2] < T_{th,m}E[e_m(f,n)^2]$$

에 의해 이루어지는,

발산 억제를 통한 능동소음제어 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 모델링된 원소음 신호는,

마이크 신호와 어댑티브 필터 C의 출력신호를 이용하여 산출되고,

상기 어댑티브 필터 C는,

e'(f,n) 신호를 이용하여 LMS 업데이트 알고리즘을 통해 $E[e'(f,n)^2]$을 최소화하는 역할을 수행하며, 여기서 e'(f,n) 신호는 모델링 블럭에서의 마이크 출력신호인 것

을 특징으로 하는 발산 억제를 통한 능동소음제어 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

청구항 8에 있어서,

상기 부등식을 만족하지 않으면, 발산하지 않는 것으로 판단하여, 상기 가중치는,

$$W(f,n+1) = \alpha 1 \cdot W(f,n)$$

에 의해 업데이트되고,

상기 부등식을 만족하면, 발산하는 것으로 판단하여, 상기 가중치는,

$$W(f,n+1) = \alpha 2 \cdot W(f,n)$$

에 의해 업데이트되며,

$1 > \alpha 1 > \alpha 2$

이고, 상기 α1 및 α2는 각각 가중치 조정 계수인 것

인 것을 특징으로 하는 발산 억제를 통한 능동소음제어 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 α1은 기 설정된 값을 사용하거나 또는,

$$\alpha 1 = \text{function of}\,(E[r_m(f,n)^2], E[e_m(f,n)^2], T_{th,m})$$

에 의해 업데이트되고,

상기 α2는 기 설정된 값을 사용하거나 또는,

$$\alpha 2 = \text{function of}\,(E[r_m(f,n)^2], E[e_m(f,n)^2], T_{th,m})$$

에 의해 업데이트되는 것을 특징으로 하는 발산 억제를 통한 능동소음제어 방법.

청구항 13

청구항 8에 있어서,

상기 상쇄제어출력신호는,

오디오 믹서에서 생성된 제어 스피커 출력신호와 합해져서, 스피커에서 능동상쇄신호로 출력되는 것

을 특징으로 하는 발산 억제를 통한 능동소음제어 방법.

청구항 14

능동소음제어 시스템이, 시간 영역신호를 이용하여 발산 억제를 통해 능동소음제어를 수행하는 방법으로서,

(a) 모델링된 원소음 신호 r(n)과, 마이크 신호 e(n)의 파워를 모니터링하고 그 크기를 비교하여 발산 여부를 판단하는 단계;

(c) 상기 발산 여부 판단 결과에 따라, 상쇄제어출력신호의 산출을 위한 가중치(W)를 업데이트하는 단계; 및

(c) 상기 업데이트된 가중치를 적용하여 상쇄제어출력신호를 산출하는 단계

를 포함하고,

상기 단계(a)의 신호 크기 비교는,

$$E[r_m(n)^2] < T_{th,m} \cdot E[e_m(n)^2]$$

에 의해 이루어지는,

발산 억제를 통한 능동소음제어 방법.

청구항 15

청구항 14에 있어서,

상기 모델링된 원소음 신호는,

마이크 신호와 어댑티브 필터 C의 출력신호를 이용하여 산출되고,

상기 어댑티브 필터 C는,

e'(n) 신호를 이용하여 LMS 업데이트 알고리즘을 통해 $E[e'(n)^2]$을 최소화하는 역할을 수행하며, 여기서 e'(n) 신호는 모델링 블럭에서의 마이크 출력신호인 것

을 특징으로 하는 발산 억제를 통한 능동소음제어 방법.

청구항 16

삭제

청구항 17

청구항 14에 있어서,

상기 부등식을 만족하지 않으면, 발산하지 않는 것으로 판단하여, 상기 가중치는,

상쇄제어출력부에 의해 업데이트되고,

상기 부등식을 만족하면, 발산하는 것으로 판단하여, 상기 가중치는,

$$W(n+1) = \alpha \cdot W(n)$$

에 의해 업데이트되며,

상기 α는 가중치 조정 계수인 것

을 특징으로 하는 발산 억제를 통한 능동소음제어 방법.

청구항 18

청구항 17에 있어서,

상기 α는 기 설정된 값을 사용하거나 또는,

$$\alpha = \text{function of } (E[r_m(n)^2], E[e_m(n)^2], T_{th,m})$$

에 의해 업데이트되는 것을 특징으로 하는 발산 억제를 통한 능동소음제어 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 주파수 대역별 발산 억제에 의한 능동소음제어 방법 및 시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 상쇄신호에 의해 능동소음제거 처리중인 신호를 주파수 영역에서 나타낸 신호에 대하여 발산 현상을 감지한 경우, 상쇄신호의 크기를 일정 수준 이하로 제어함으로써 소음의 발산을 억제하는 능동소음제어 방법 및 그 방법을 수행하는 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 차량 내부에서 발생하는 소음에는, 차체 진동에 의한 소음, 주행중 타이어에서 발생하는 소음, 주행중 풍절음 등의 다양한 원인의 소음을 포함한다. 이와 같은 소음을 억제하기 위하여, 능동적으로 상쇄신호를 발생시키는 방법에 관한 연구가 많이 수행되어 왔다. 그러나 그와 같은 능동소음제어 방식을 적용하더라도, 다양한 원인으로 발생하는 소음과 능동상쇄신호의 예기치 못한 상호작용으로 인해 어느 순간 소음이 점점 증폭되는 현상, 즉 발산이 일어나는 문제점이 있었다. 이와 같은 발산 현상은 능동소음제거 시스템에 있어서는 치명적인 결함으로서, 자동차의 경우에는 소음 문제로 인한 리콜을 당할 수도 있는 문제점이 되어 왔다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0003] (비특허문헌 0001) (선행문헌 1) Sommerfeldt, S.D. and J. Tichy, 1990, “Adaptive Control of two-stage vibration isolation mount”, JASA 88, pp938-944

(비특허문헌 0002) (선행문헌 2) Sommerfeldt, S.D., 1991, “Multi-channel adaptive control of structural vibration”, Noise control engineering journal 37(2), pp77-89

(비특허문헌 0003) (선행문헌 3) ErikssonL. J., 1991, “Development of the filtered-U algorithm for

active noise control”, JASA 89(1), pp257-265

(비특허문헌 0004) (선행문헌 4) Swanson, D.C., 1993, “The generalized multichannel filtered-X algorithm”, Proceedings Recent Advances in Active Noise Control of Sound and Vibration, pp 550-561

(비특허문헌 0005) (선행문헌 5) Kuo, S. M., Mingjie Wang, and Ke Chen, 1992, “ Active noise control system with parallel on-line error path modeling algorithm”, Noise control engineering journal 39(3), pp119-127

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로서, 스피커에서 발생시키는 상쇄신호에 의해 능동적으로 소음을 제거하는 시스템에서, 능동소음제거 처리 중인, 주파수 영역으로 나타낸 신호의 크기가 일정 수준 이상 값에 이르게 되는 경우 이를 소음의 발산으로 판단하여, 상쇄신호의 크기를 주파수 영역 가중치에 의해 일정 수준 이하로 제어함으로써, 예기치 않은 소음의 발산 현상을 근본적으로 차단하는, 주파수 대역별 발산 억제에 의한 능동소음제어 방법 및 시스템을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 이와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 발산 억제 장치를 구비하는 능동소음제어 시스템은, 모델링된 원소음 신호 및 모델링된 마이크 신호를 생성하고, 상쇄제어출력신호의 산출을 위한 가중치에 대하여, 주파수 영역 신호를 이용하여, 발산이 억제된 새로운 가중치를 업데이트하여 생성하는 발산 억제 장치; 진동을 감지하는 가속도계 출력을 모델링한 값에, 가중치를 적용하여, 능동상쇄신호를 생성하는 스피커의 입력신호인 상쇄제어출력 신호를 산출하는 상쇄제어출력부를 포함하고, 상기 발산 억제 장치는, 모델링된 원소음 신호 r(f,n)을 생성하는 원소음 신호 생성부; 모델링된 마이크 신호 e'(f,n)을 생성하는 마이크 신호 생성부; 모델링된 마이크 신호 e'(f,n)을 이용하여 LMS 업데이트 알고리즘을 통해 $E[e'(f,n)^2]$을 최소화하는 어댑티브 필터; 및 상기 어댑티브 필터의 출력신호 fy(f,n)과 마이크 신호 e(f,n)으로부터 모델링된 원소음 신호 r(f,n)과, 마이크 신호 e(f,n)의 파워를 모니터링하고 그 크기를 비교하여, 마이크 신호 e(f,n)가 일정 수준 이상일 경우 가중치 W를 감소시킴으로써, 가중치 W의 발산을 억제하는 가중치 제어 모듈을 포함하고, 상기 f는 주파수이다.

상기 모델링된 원소음 신호는, 마이크 신호와 어댑티브 필터 C의 합을 통해 산출될 수 있고, 상기 어댑티브 필터 C는, e'(f,n) 신호를 이용하여 LMS 업데이트 알고리즘을 통해 $E[e'(f,n)^2]$을 최소화하는 역할을 수행할 수 있으며, 여기서 e'(f,n) 신호는 모델링 블럭에서의 마이크 출력신호이다.

[0006] 삭제

[0008] 상기 r(f,n)과 e(f,n)의 비교는, $E[r_m(f,n)^2] < T_{th,m}E[e_m(f,n)^2]$에 의해 이루어질 수 있다.

[0009] 상기 부등식을 만족하지 않으면, 상기 가중치는, $W(f,n+1) = \alpha 1 \cdot W(f,n)$에 의해 W를 업데이트되고, 상기 부등식을 만족하면, 상기 가중치는, $W(f,n+1) = \alpha 2 \cdot W(f,n)$에 의해 업데이트될 수 있으며, 1 > α1 > α2이고, 상기 α1, α2는 각각 가중치 조정 계수이다.

[0010] 상기 α1은 기 설정된 값을 사용하거나 또는, $\alpha 1 = \text{function of}\,(E[r_m(f,n)^2], E[e_m(f,n)^2], T_{th,m})$에 의해 업데이트되고, 상기 α2는 기 설정된 값을 사용하거나 또는,

$$\alpha 2 = \text{function of}\,(E[r_m(f,n)^2], E[e_m(f,n)^2], T_{th,m})$$ 에 의해 업데이트될 수 있다.

[0011] 상기 상쇄제어출력부에서 생성된 상쇄제어출력신호는, 오디오 믹서에서 생성된 제어 스피커 출력신호와 합해져서, 스피커에서 능동상쇄신호로 출력될 수 있다.

[0012] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 능동소음제어 시스템이, 주파수 영역신호를 이용하여 발산 억제를 통해 능동소음제어를 수행하는 방법은, (a) 상쇄제어출력부에 의해 가중치(W)를 1차 업데이트하는 단계; (b) 모델링된 원소음 신호 r(f,n)과, 마이크 신호 e(f,n)의 파워를 모니터링하고 그 크기를 비교하여 발산 여부를 판단하는 단계; (c) 상기 발산 여부 판단 결과에 따라, 상쇄제어출력신호의 산출을 위한 가중치(W)를 2차 업데이트하는 단계; 및 (d) 상기 업데이트된 가중치를 적용하여 상쇄제어출력신호를 산출하는 단계를 포함하고, 상기 단계(b)의 신호 크기 비교는, $E[r_m(f,n)^2] < T_{th,m} E[e_m(f,n)^2]$ 에 의해 이루어진다.

상기 모델링된 원소음 신호는, 마이크 신호와 어댑티브 필터 C의 출력신호를 이용하여 산출될 수 있고, 상기 어댑티브 필터 C는, e'(f,n) 신호를 이용하여 LMS 업데이트 알고리즘을 통해 $E[e'(f,n)^2]$을 최소화하는 역할을 수행할 수 있으며, 여기서 e'(f,n) 신호는 모델링 블럭에서의 마이크 출력신호이다.

[0013] 삭제

[0015] 상기 부등식을 만족하지 않으면, 발산하지 않는 것으로 판단하여, 상기 가중치는, $W(f,n+1) = \alpha 1 \cdot W(f,n)$ 에 의해 업데이트되고, 상기 부등식을 만족하면, 발산하는 것으로 판단하여, 상기 가중치는, $W(f,n+1) = \alpha 2 \cdot W(f,n)$ 에 의해 업데이트될 수 있으며, 1 > α1 > α2이고, 상기 α1 및 α2는 각각 가중치 조정 계수이다.

[0016] 상기 α1은 기 설정된 값을 사용하거나 또는, $\alpha 1 = \text{function of}\,(E[r_m(f,n)^2], E[e_m(f,n)^2], T_{th,m})$ 에 의해 업데이트되고, 상기 α2는 기 설정된 값을 사용하거나 또는, $\alpha 2 = \text{function of}\,(E[r_m(f,n)^2], E[e_m(f,n)^2], T_{th,m})$ 에 의해 업데이트될 수 있다.

[0017] 상기 상쇄제어출력신호는, 오디오 믹서에서 생성된 제어 스피커 출력신호와 합해져서, 스피커에서 능동상쇄신호로 출력될 수 있다.

[0018] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 능동소음제어 시스템이, 시간 영역신호를 이용하여 발산 억제를 통해 능동소음제어를 수행하는 방법은, (a) 모델링된 원소음 신호 r(n)과, 마이크 신호 e(n)의 파워를 모니터링하고 그 크기를 비교하여 발산 여부를 판단하는 단계; (c) 상기 발산 여부 판단 결과에 따라, 상쇄제어출력신호의 산출을 위한 가중치(W)를 업데이트하는 단계; 및 (c) 상기 업데이트된 가중치를 적용하여 상쇄제어출력신호를 산출하는 단계를 포함하고, 상기 단계(a)의 신호 크기 비교는, $E[r_m(n)^2] < T_{th,m} \cdot E[e_m(n)^2]$ 에 의해 이루어진다.

상기 모델링된 원소음 신호는, 마이크 신호와 어댑티브 필터 C의 출력신호를 이용하여 산출될 수 있고, 상기 어댑티브 필터 C는, e'(n) 신호를 이용하여 LMS 업데이트 알고리즘을 통해 $E[e'(n)^2]$을 최소화하는 역할을 수행하며, 여기서 e'(n) 신호는 모델링 블럭에서의 마이크 출력신호일 수 있다.

[0019] 삭제

[0021] 상기 부등식을 만족하지 않으면, 발산하지 않는 것으로 판단하여, 상기 가중치는, 상쇄제어출력부에 의해 업데이트되고, 상기 부등식을 만족하면, 발산하는 것으로 판단하여, 상기 가중치는,

$W(n+1) = \alpha \cdot W(n)$ 에 의해 업데이트될 수 있으며, 상기 α는 가중치 조정 계수이다.

[0022] 상기 α는 기 설정된 값을 사용하거나 또는, $\alpha = \text{function of}\,(E[r_m(n)^2], E[e_m(n)^2], T_{th,m})$ 에 의해 업데이트될 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명에 의하면, 스피커에서 발생시키는 상쇄신호에 의해 능동적으로 소음을 제거하는 시스템에서, 능동소음제거 처리 중인, 주파수 영역으로 나타낸 신호의 크기가 일정 수준 이상 값에 이르게 되는 경우 이를 소음의 발산으로 판단하여, 상쇄신호의 크기를 주파수 영역 가중치에 의해 일정 수준 이하로 제어함으로써, 예기치 않은 소음의 발산 현상을 근본적으로 차단하는, 주파수 대역별 발산 억제에 의한 능동소음제어 방법 및 시스템을 제공하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 종래 능동소음제어 시스템의 구성을 도시한 도면.

도 2는 도 1의 능동소음제어 시스템의 발산 문제를 해결하기 위하여 제시된 종래 능동소음제어 시스템의 구성을 도시한 도면.

도 3은 본 발명에 따른 발산 억제 알고리즘이 적용된 능동소음제어 시스템의 구성을 도시한 도면.

도 4는 본 발명에 따른 주파수 영역 신호에 대하여 발산 억제 알고리즘이 적용된 능동소음제어 방법의 순서도.

도 5는 본 발명에 따른 시간 영역 신호에 대하여 발산 억제 알고리즘이 적용된 능동소음제어 방법의 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하 첨부된 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

[0027] 도 1은 종래 능동소음제어 시스템(100)의 구성을 도시한 도면이다.

[0028] 가속도계(accelerometer)는 차체에 설치되어 차체의 진동을 측정한다. 운전자가 착석한 경우 운전자의 귀가 있을 위치에 마이크(120)를 설치한다. 차체 진동에 따라 가속도계(110)를 통하여 출력되는 소음 신호 및 차량 내의 다른 원인들에 의한 소음 신호가 합해져서 원소음 d(n)으로서 마이크에 입력되도록 하고, 차량 스피커(130)를 통하여 소음을 상쇄하기 위한 능동상쇄신호(131)가 마이크에 입력되도록 하여, 운전자의 귀에서 차체 진동에 의한 소음이 상쇄된 상태로 들리도록 하는 시스템이다.

[0029] 모델링 블럭(140)은, 이와 같은 상쇄신호를 생성하기 위한 모델 'S'(141)를, 정차 상태에서 모델링하기 위하여 구성한 모델링 블럭이며, S(141)가 모델링된 후에는 상쇄제어출력신호 y(n)(154)을 생성하는 상쇄제어출력부(150) 상에 구비되도록 하고(151), 모델링 블럭(140)은 제거된다.

[0030] S(141)의 모델링을 위하여 원소음 d(n)과 능동상쇄신호(131)가 마이크(120)로 입력되고, 이로부터 마이크에서 출력되는 마이크 신호 e(n)은 모델링 블럭(140)으로 입력되어, 모델 S(141)에서 출력되는 모델 상쇄신호(142)와 합해진다(143). 이와 같이 하여 합해진 신호(144)가 최소화되도록 하는 모델 S(141)를 모델링하게 된다. 이와 같이 결정된 모델 S는 상쇄제어출력부(150) 상의 모델 S(151)로 정해지고, 모델링 블럭(140)은 제거된다.

[0031] 상쇄제어출력부(150)의 모델 S(151)로는 가속도계의 진동 출력신호 x(n)이 입력되고 이로부터 fx(n) 신호를 출력하며, 이러한 fx(n) 신호와, 전술한 마이크 신호 e(n)이 곱해진 후(152), 여기에 상쇄제어출력 모듈 W(153)에서 생성된 가중치(W)가 적용되어 상쇄제어출력신호 y(n)(154)을 생성하고, 상쇄제어출력신호(154)는 오디오 믹서에서 생성된 제어 스피커 출력신호(101)와 합해져서(102), 스피커(130)에서 능동상쇄신호(131)로 출력되게 된

다.

[0032] 이때 fx(n) 신호의 생성식은,

수학식 1

$$fx_{rkm} = \sum_{j=1}^{L_p} s_{mkj} x_r(n-j)$$

[0033]

[0034] 로 주어지고, 가중치(W) 생성식은

수학식 2

$$w_{rki}(n) = w_{rki}(n-1) - 2\mu \sum_{m=1}^{M} e_m(n) fx_{rkm}(n-i)$$

[0035]

[0036] 로 주어지며, 상쇄제어출력신호 y(n)(154)은,

수학식 3

$$y_k(n+1) = \sum_{r=1}^{R} \sum_{i=1}^{L_w} w_{rki}(n) x_r(n-i+1)$$

[0037]

[0038] 로 주어진다.

[0039] 그러나 이와 같이 능동상쇄기능에 의해 마이크에서 출력된 마이크 신호 e(n)은, 예기치 않게 발산하는 경우가 있어, 이에 대한 보완이 필요하게 된다.

[0041] 도 2는 도 1의 능동소음제어 시스템(100)의 발산 문제를 해결하기 위하여 제시된 종래 능동소음제어 시스템(200)의 구성을 도시한 도면이다.

[0042] 도 1에서 발산 억제 장치(260)가 추가되어, 소음의 발산을 방지하는 시스템이다. Adaptive filter T(261)와 C(262)는 이하에서 설명하는 e'(n) 신호를 이용하여 LMS 업데이트 알고리즘을 통해 $E[e'(n)^2]$을 최소화하게 된다. 즉, e'(n)의 사용은 C 및 T의 언바이어스드 업데이트(unbiased update)를 돕는 역할을 한다. C와 T가 도 1을 참조하여 설명한 H 및 P를 모델링하게 되면, 결국 e'(n)은 0이 되게 된다.

[0043] 본 도면에서 e(n) 신호는 실제 마이크(220)로부터의 출력신호이고, e'(n) 신호는 모델링 블럭(260)에서의 마이크 출력신호를 의미한다. 즉, 실제 마이크(220) 출력신호 e(n)에서 모델링된 스피커 출력신호 fy(n)을 뺀 값(r(n))은(263) W를 통한 제어출력이 배제된 원소음 신호를 추정하고, 이러한 원소음 신호 r(n)에서 가속도계 신호 x(n)을 T(261)에 의해 모델링한 값을 뺀 값은(264) 모델링된 마이크 신호 e'(n)을 생성한다. 이러한 e'(n)을 다시 각각 C(262)와 T(261)에 입력하여 주고, T(261)와 C(262)는 e'(n) 신호를 이용하여 LMS 업데이트 알고리즘을 통해 $E[e'(n)^2]$을 최소화하게 되는 것이다. 이와 같이 모델링된 C(262)는 상쇄제어출력부(250)의 모델 S(251)로 사용되게 된다.

[0044] 전술한 동작을 수학식으로 표현하면, 모델링된 마이크 출력신호 e'(n)은,

수학식 4

[0046]
$$E'(n) = e(n) - T\,x(n) - C\,y(n)$$
$$= P\,x(n) + H\,y(n) - T\,x(n) - C\,y(n)$$
$$= \{P-T\}\,x(n) + \{H-C\}\,y(n)$$

[0047] 와 같이 표현될 수 있으며, 여기서 P는 가속도계 신호 x(n)으로부터 마이크 신호 e(n)까지의 시스템, H는 스피커 신호 y(n)으로부터 마이크 신호 e(n)까지의 시스템(secondary path)을 의미한다. 여기서 r(n)=e(n)-fy(n)은 제어출력이 배제된 원소음 신호를 추정하고, C는 H를 추정하므로 C를 상쇄제어출력부(250)의 모델 S(251), 즉 secondary path의 모델 S(251)로 사용할 수 있다.

[0048] 그러나 이와 같은 발산 억제 장치(260)를 구비한 시스템에서도 예기치 않은 상황에서 소음 출력이 발산하는 상황이 절대적으로 방지되는 것은 아니며, 자동차에서 이와 같은 소음 출력의 발산은 전술한 바와 같이 결정적인 자동차 품질 문제로 판단될 수 있으므로 더욱 신뢰할만하게 소음 발산을 억제하는 장치가 필요하게 된다.

[0050] 도 3은 본 발명에 따른 발산 억제 알고리즘이 적용된 능동소음제어 시스템(300)의 구성을 도시한 도면이다.

[0051] 도 3의 능동소음제어 시스템(300)에는, 도 2의 발산 억제 장치(260)에, 가중치 제어 모듈(265)을 더 포함하는 것이다. 도 2에서의 동일한 설명을 주파수 영역신호로 설명하면, Adaptive filter T(261)와 C(262)는 e'(f,n) 신호를 이용하여 LMS 업데이트 알고리즘을 통해 $E[e'(f,n)^2]$을 최소화하게 된다. 즉, e'(f,n)의 사용은 C 및 T의 언바이어스드 업데이트(unbiased update)를 돕는 역할을 한다. C와 T가 도 1을 참조하여 설명한 H 및 P를 모델링하게 되면, 결국 e'(f,n)은 0이 되게 된다.

[0052] 도 3에 나타난 MFXLMS(multiple filtered-X LMS) 블럭(250), 즉 상쇄제어출력부(250)의 W 업데이트 과정의 오류로 인해 W, 즉 수학식 2에 의한 W 업데이트 값이 발산하게 되는 경우, 수학식 3에 의한 y(n)이 커지고 e(n)이 증가하게 되면서 수학식 5를 만족, 즉 발산하게 되는 시점이 발생한다.

수학식 5

[0054]
$$E[r_m(n)^2] < T_{th,m} \cdot E[e_m(n)^2]$$

[0056] 이와 같이 r(n) 신호와 e(n) 신호의 파워를 모니터링하고 그 크기를 비교함으로써 W의 불안정성 여부를 판단할 수 있다. $T_{th,m}$은 시스템의 여러 특성들을 고려하여 미리 설정하는 값으로서, $T_{th,m}$이 작으면 발산 검출 타이밍이 빨라질 수 있고, $T_{th,m}$이 크면 발산 검출 타이밍을 늦출 수 있다. $T_{th,m}$의 값을 과도하게 작게하면 오류 검출이 일어날 수 있다.

[0058] 이하에서는 먼저, 시간영역 신호 레벨의 발산 조건에 따른 W의 감쇠 방법을 설명하고, 그 다음에 주파수영역 신호 레벨의 발산 조건에 따른 W의 감쇠 방법에 대하여 설명한다.

[0060] 1. 시간영역

[0061] W의 발산이 일어나면서 수학식 5의 조건이 만족되는 경우, 즉, 발산하는 경우 MFXLMS(multiple filtered-X LMS)를 이용한 W의 업데이트 대신, 가중치 제어 모듈(265)에서 수학식 6과 같이 W를 감소시켜 W의 발산을 억제함으로써 소음의 증폭을 차단하게 된다.

수학식 6

[0063]
$$W(n+1) = \alpha \cdot W(n)$$

[0064] 여기서 α는 가중치 조정 계수로서, 1보다 작은 수로서 고정값을 사용하거나, 또는 $E[r_m(n)^2]$,$E[e_m(n)^2]$,$T_{th,m}$을 이용하여 얻을 수 있고, $r_m(n)$의 power 추정치 $E[r_m(n)^2]$, $e_m(n)$의 power 추정치 $E[e_m(n)^2]$ 또한 알려진 다양한 추정 기법을 통해 얻을 수 있다. 이 경우 α는 수학식 7과 같이 $E[r_m(n)^2]$, $E[e_m(n)^2]$ 및 $T_{th,m}$의 함수로써 구할 수 있다.

수학식 7

[0066] $$\alpha = \text{function of } (E[r_m(n)^2], E[e_m(n)^2], T_{th,m})$$

[0068] 여기서 'function of'로 표현한 것과 같이 가중치 조정 계수 α는 다양한 식을 통하여 결정될 수 있으나, $E[e_m(n)^2]$가 $E[r_m(n)^2]$에 비해 클 경우 α는 더욱 작은 값으로 결정되고, $E[e_m(n)^2]$가 $E[r_m(n)^2]$에 비해 작을 경우 α<1인 범위에서 α는 상대적으로 큰 값으로 결정되도록 하는 식이 위 'function'으로서 사용된다.

[0069] 지금까지 설명한 시간 영역 신호에 대하여 발산 억제 알고리즘이 적용된 능동소음제어 방법은, 이하 도 5의 순서도를 참조하여 정리하여 설명하기로 한다.

[0071] 2. 주파수 영역

[0072] 주파수 영역에서 나타낸 수학식 8의 조건이 만족되는 경우, MFXLMS(multiple filtered-X LMS)를 이용한 W의 업데이트 대신, 가중치 제어 모듈(265)에서 수학식 9 및 수학식 10과 같이 W를 감소시켜 W의 발산을 억제함으로써 소음의 증폭을 차단하게 된다. 도 3에서, 별도로 도시하지는 아니하였으나, 각 신호는 주파수 영역에서의 신호를 의미한다. 즉, 예를 들어 e'(n)은 e'(f,n)을 의미하는 것으로 한다. 여기서 f는 주파수를 의미한다. 또한 가중치 제어 모듈(265)이 산출하는 가중치 산출식을 시간영역에서 구현된 W=αW (수학식 6) 만이 도시되어 있으나, 주파수 영역에서는 이하 수학식 9 및 수학식 10을 사용하게 된다.

수학식 8

[0074] $$E[r_m(f,n)^2] < T_{th,m} E[e_m(f,n)^2]$$

[0076] 이와 같이 r(f,n) 신호와 e(f,n) 신호의 파워를 모니터링하고 그 크기를 비교함으로써 W의 불안정성 여부를 판단할 수 있다. $T_{th,m}$는 시스템의 여러 특성들을 고려하여 미리 설정하는 값으로서, $T_{th,m}$이 작으면 발산 검출 타이밍이 빨라질 수 있고, $T_{th,m}$이 크면 발산 검출 타이밍을 늦출 수 있다. $T_{th,m}$의 값을 과도하게 작게하면 오류 검출이 일어날 수 있다.

[0078] 수학식 8의 부등식을 만족하지 않으면, 수학식 9를 통해 W를 구한다.

수학식 9

[0080] $$W(f,n+1) = \alpha 1 \cdot W(f,n)$$

[0082] 수학식 8을 만족하면, 수학식 10을 통해 W를 구한다.

수학식 10

[0084] $$W(f,n+1) = \alpha 2 \cdot W(f,n)$$

[0086] 여기서 1 > α1 > α2 이며, α1은 발산하지 않는 상태에서 업데이트시 수치적 에러 등으로 인한 누적오차를 제거하도록 하는 포게팅(forgetting) 역할을 하고, 1에 근접한 값이다. α1은 아래 수학식 11과 같은 식에서 구할 수도 있으나, 미리 1에 근접한 상수로 결정한 후 사용할 수도 있다.

[0087] α2는 발산이 감지된 상태에서 W(f,n) 성분을 0에 가깝게 수렴하도록 하는 역할을 하고, α1보다 작은 값을 갖는다.

[0088] 이와 같은 발산 억제 방법은, 전술한 바와 같은 시간영역 신호 레벨의 발산 조건에 따른 W의 전체적 감쇠 방법과 대비하여, 발산 주파수 이외의 주파수 영역에서 성능이 유지되는 장점이 있고, 발산이 감지되지 않았을 경우에도 α1의 도입으로 인해, 누적되는 수치적 에러 등으로 야기되는 W의 오수렴에 의한 제어 불안정성이 억제된다.

[0089] α2 역시 고정값으로 설정할 수도 있으나, 수학식 12와 같이 $E[r_m(f,n)^2]$, $E[e_m(f,n)^2]$ 및 $T_{th,m}$을 이용하여 구할 수 있고, $r_m(f,n)$의 power 추정치인 $E[r_m(f,n)^2]$, $e_m(f,n)$의 power 추정치인 $E[e_m(f,n)^2]$ 또한 알려진 다양한 추정기법을 통해 얻을 수 있다.

수학식 11

[0091] $$\alpha 1 = \text{function of}\,(E[r_m(f,n)^2], E[e_m(f,n)^2], T_{th,m})$$

수학식 12

[0093] $$\alpha 2 = \text{function of}\,(E[r_m(f,n)^2], E[e_m(f,n)^2], T_{th,m})$$

[0095] 여기서 α1, α2는 전술한 바와 같이 고정값으로 설정될 수도 있으나, 수학식 11 및 수학식 12에 의해 'function of'로 표현한 것과 같이 다양한 식을 통하여 결정될 수도 있다. 또한 α1만 1에 근접한 고정값으로 사용하고 α2는 수학식 12를 이용하여 구할 수도 있다.

[0096] α1을 수학식 11에 의하여 구할 경우 수학식 11의 'function'은 수학식 8,9를 통하여 전술한 바와 같이 상대적으로 $E[e_m(n)^2]$가 $E[r_m(n)^2]$에 비해 작을 경우에 사용되고, 1보다 작은값의 범위에서 1에 근접한 값으로 결정된다.

[0097] α2를 수학식 12에 의하여 구할 경우 수학식 12의 'function'은 수학식 8,10을 통하여 전술한 바와 같이 상대적으로 $E[e_m(n)^2]$가 $E[r_m(n)^2]$에 비해 클 경우에 사용되고, α1보다 작은값으로 결정된다.

[0098] 지금까지 설명한 주파수 영역 신호에 대하여 발산 억제 알고리즘이 적용된 능동소음제어 방법은, 이하 도 4의 순서도를 참조하여 정리하여 설명하기로 한다

[0100] 도 4는 본 발명에 따른 주파수 영역 신호에 대하여 발산 억제 알고리즘이 적용된 능동소음제어 방법의 순서도이다.

[0101] 상쇄제어출력부(250)의 모델 S(251)로는 가속도계의 진동 출력신호 x(f,n)이 입력되고 이로부터 fx(f,n) 신호를 출력하며, 이러한 fx(f,n) 신호와, 마이크 신호 e(f,n)로부터 생성된 신호(252)에 대하여 수학식 2를 FFT 등에 의해 주파수 영역으로 변환한 식을 적용하여 상쇄제어출력부(250)에 의한 W 업데이트(이하 '1차 업데이트'라 한

다)가 이루어진다(S401).

[0102] 한편, 마이크 신호 e(f,n) 및 어댑티브 필터 C의 출력신호 fy(f,n)로부터, 제어출력이 배제된 원소음 신호 r(f,n)을 생성하고(S402), 마이크 신호 e(f,n)와 원소음 신호 r(f,n)의 비교를 통하여 발산 여부를 파악한다(S403). 이때 비교는 수학식 8을 이용한다.

[0103] 수학식 8의 부등식을 만족하지 않으면(S404), 즉 발산하지 않으면, 가중치 조정 계수 α1을 적용한 수학식 9를 통해 W를 업데이트한다(S405). 수학식 8을 만족하면(S404), 즉 발산하면 가중치 조정 계수 α2를 적용한 수학식 10을 통해 W를 업데이트한다. 이와 같이 α1 또는 α2를 이용한 업데이트를 2차 업데이트라 한다(S406).

[0104] 이와 같이 업데이트된 W를 수학식 3(수학식 3을 FFT 등에 의하여 주파수 영역으로 변환한 식)에 적용하여 상쇄제어출력신호(255) y(f,n)을 생성한다(S407).

[0105] 상쇄제어출력신호(255) y(f,n)은 오디오 믹서에서 생성된 제어 스피커 출력신호(201)와 합해져서(202), 스피커(230)에서 능동상쇄신호(231)로 출력되게 된다(S408).

[0107] 도 5는 본 발명에 따른 시간 영역 신호에 대하여 발산 억제 알고리즘이 적용된 능동소음제어 방법의 순서도이다.

[0108] 마이크 신호 e(n) 및 어댑티브 필터 C의 출력신호 fy(n)로부터 원소음 신호 r(n)을 생성하고(S501), 마이크 신호 e(n)와 원소음 신호 r(f,n)의 비교를 통하여 발산 여부를 파악한다(S502). 이때 비교는 수학식 5를 이용한다.

[0109] 수학식 5의 부등식을 만족하지 않으면(S503), 즉 발산하지 않으면, 이하와 같이 상쇄제어출력부(250)에 의하여 가중치 W의 업데이트가 이루어진다. 즉, 상쇄제어출력부(250)의, C가 카피된 모델 S(251)로 가속도계의 진동 출력신호 x(n)이 입력되고 이로부터 fx(n) 신호를 출력하며, 이러한 fx(n) 신호와, 전술한 마이크 신호 e(n)로부터 생성된 신호(252)에 대하여 수학식 2에 의하여 W의 업데이트가 이루어지는 것이다(S504).

[0110] 수학식 5의 부등식을 만족하면(S503), 즉 발산하면, 이하와 같이 가중치 조정 계수 α를 이용하여 가중치 W의 업데이트가 이루어진다. 즉, 가중치 조정 계수 α를 이용하여 수학식 6에 의해 가중치 W를 업데이트 하는 것이다(S505).

[0111] 이렇게 업데이트된 W를 수학식 3에 적용하여 상쇄제어출력신호(255) y(n)을 생성하며(S506), 상쇄제어출력신호(255) y(n)은 오디오 믹서에서 생성된 제어 스피커 출력신호(201)와 합해져서(202), 스피커(230)에서 능동상쇄신호(231)로 출력되게 된다(S507).

부호의 설명

[0112] 100: 종래 능동소음제어 시스템

110: 가속도계(accelerometer)

120: 마이크

130: 스피커

131: 능동상쇄신호

140: 모델링 블럭

141: 모델 S

142: 모델 상쇄신호

150: 상쇄제어출력부

151: 모델 S

153: 상쇄제어출력 모듈

154: 상쇄제어출력 신호

200: 종래 능동소음제어 시스템

201: 제어 스피커 출력신호

210: 가속도계(accelerometer)

220: 마이크

230: 스피커

231,232: 능동상쇄신호

250: 상쇄제어출력부

251: 모델 S

253: 상쇄제어출력 모듈

254,255: 상쇄제어출력 신호

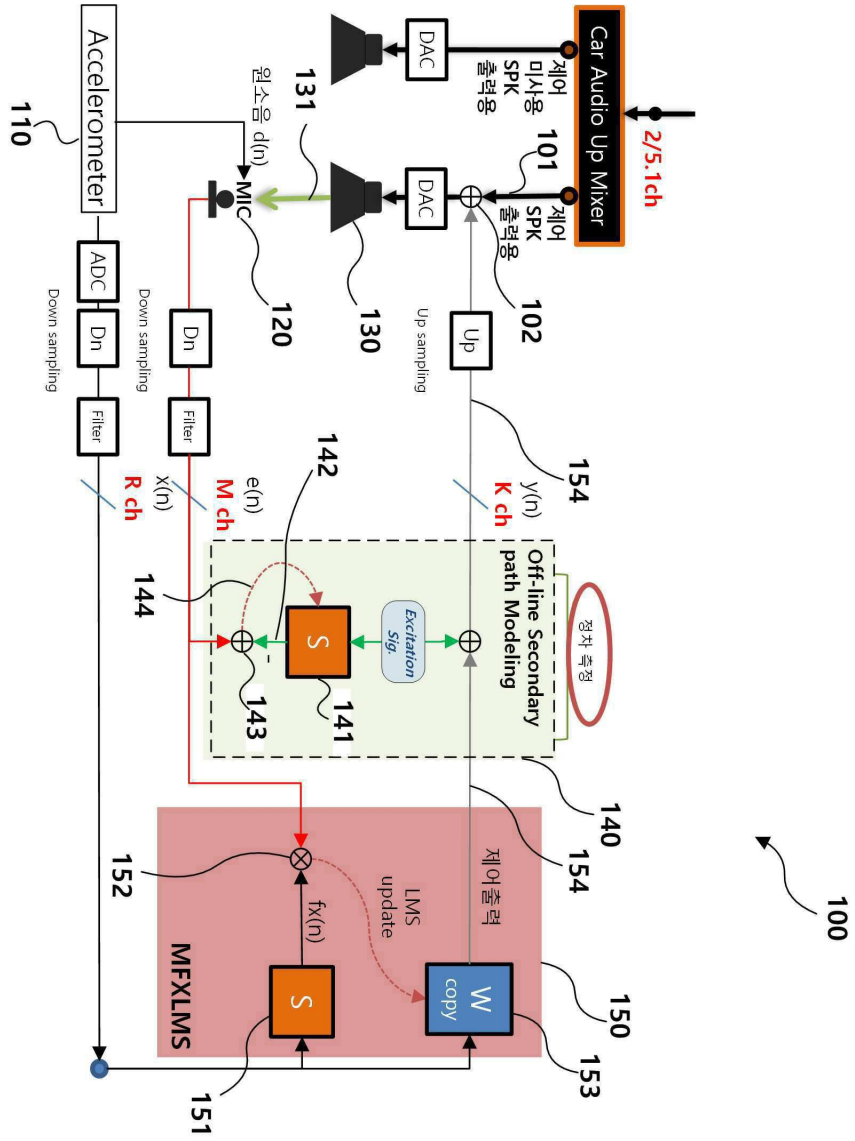
260: 발산억제장치

265: 가중치 제어 모듈

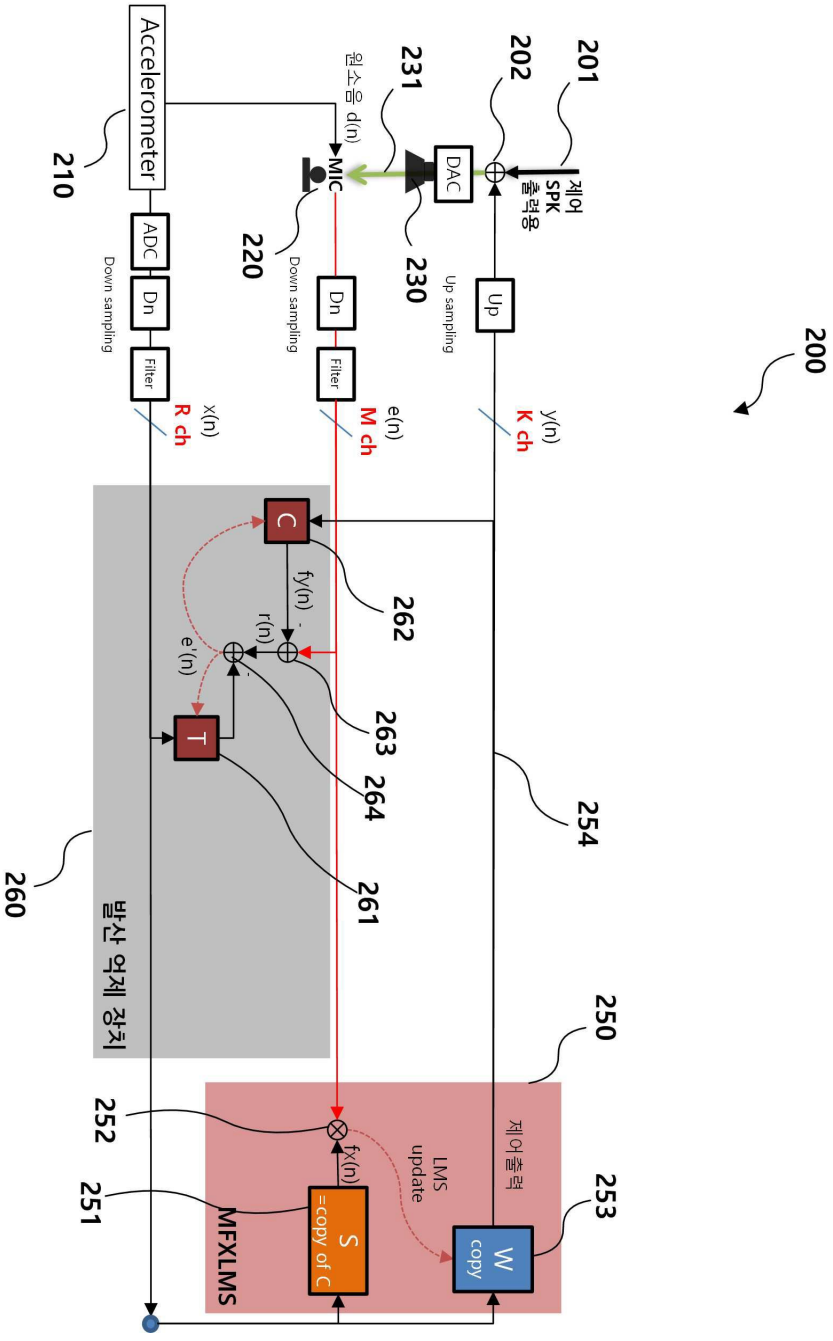
300: 본 발명의 능동소음제어 시스템

도면

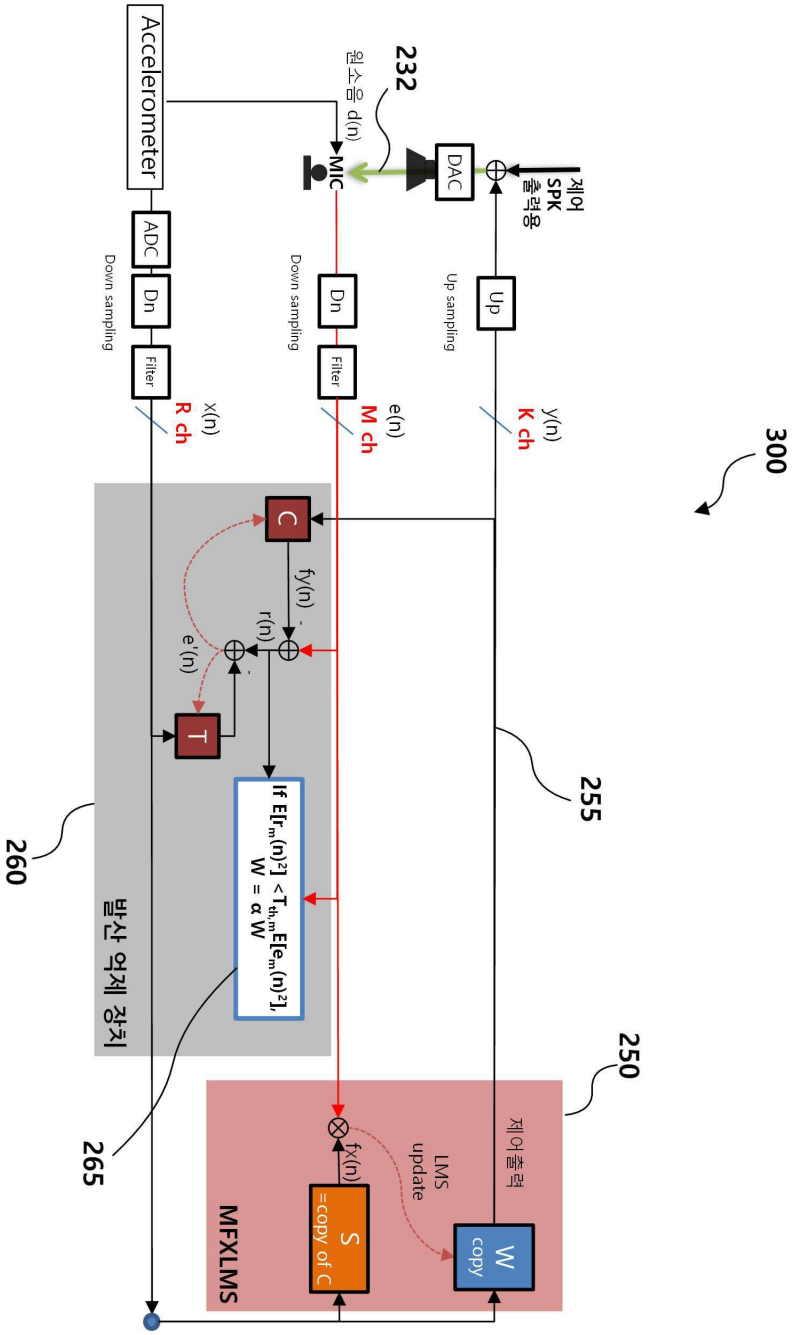
도면1


Car Audio Up Mixer
2/5.1ch
제어 미사용 SPK 출력용
제어 SPK 출력용
DAC
DAC
101
102
131
130
120
110
Accelerometer
원소음 d(n)
MIC
ADC
Dn
Filter
Down sampling
Down sampling
Dn
Filter
Up
Up sampling
x(n)
R ch
e(n)
M ch
y(n)
K ch
154
142
144
143
141
S
Excitation Sig
Off-line Secondary path Modeling
정차 측정
140
154
제어출력
LMS update
fx(n)
S
W copy
MFXLMS
152
150
153
151
100

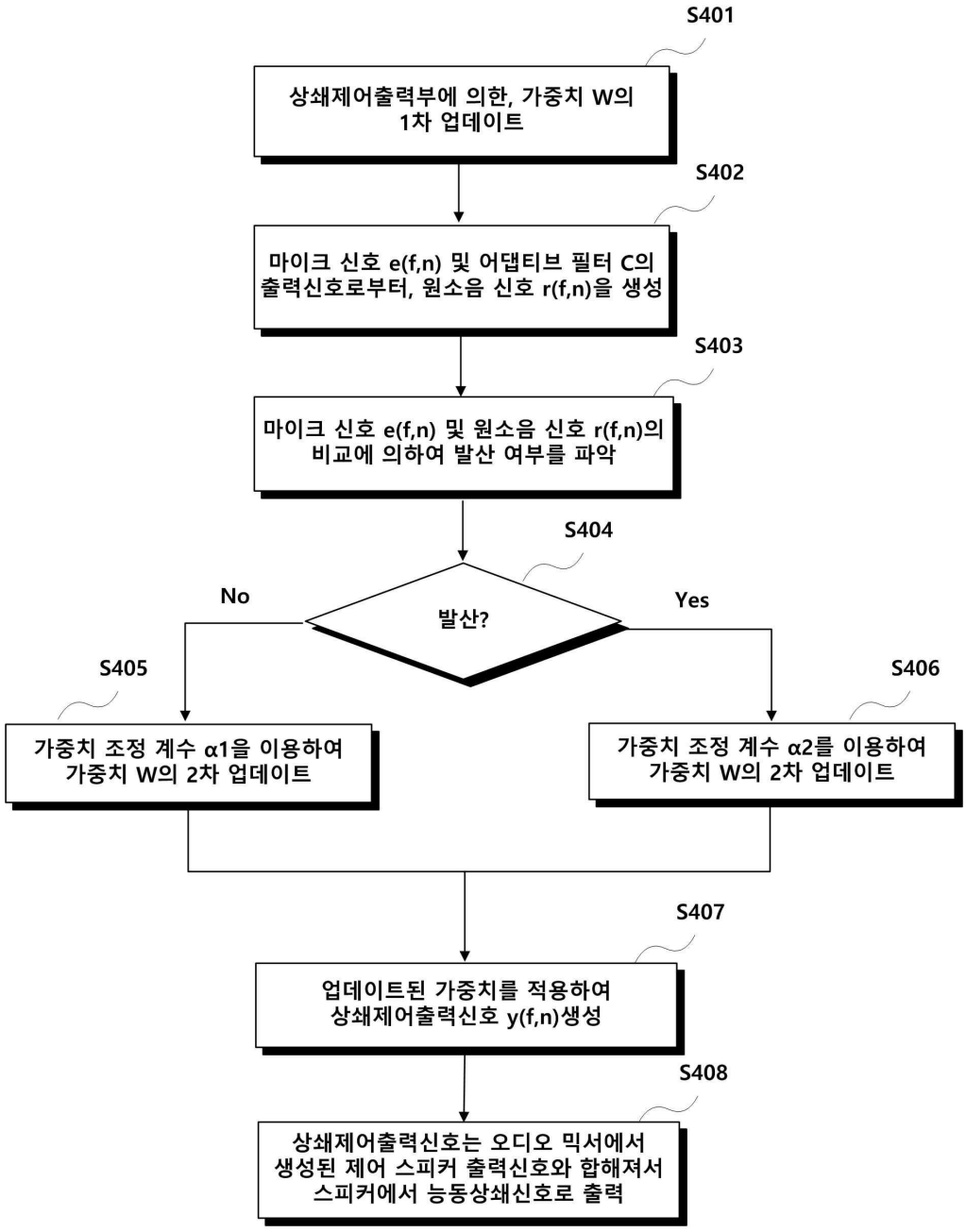
도면2


200
201
202
231
210
220
230
Accelerometer
원소음 d(n)
MIC
DAC
제어 SPK 출력용
ADC
Dn
Filter
Down sampling
Up sampling
Up
x(n)
R ch
e(n)
M ch
y(n)
K ch
C
T
fy(n)
r(n)
e'(n)
262
263
264
261
254
260
발산 억제 장치
250
252
251
253
fx(n)
LMS update
제어출력
MFXLMS
S
=copy of C
W
copy

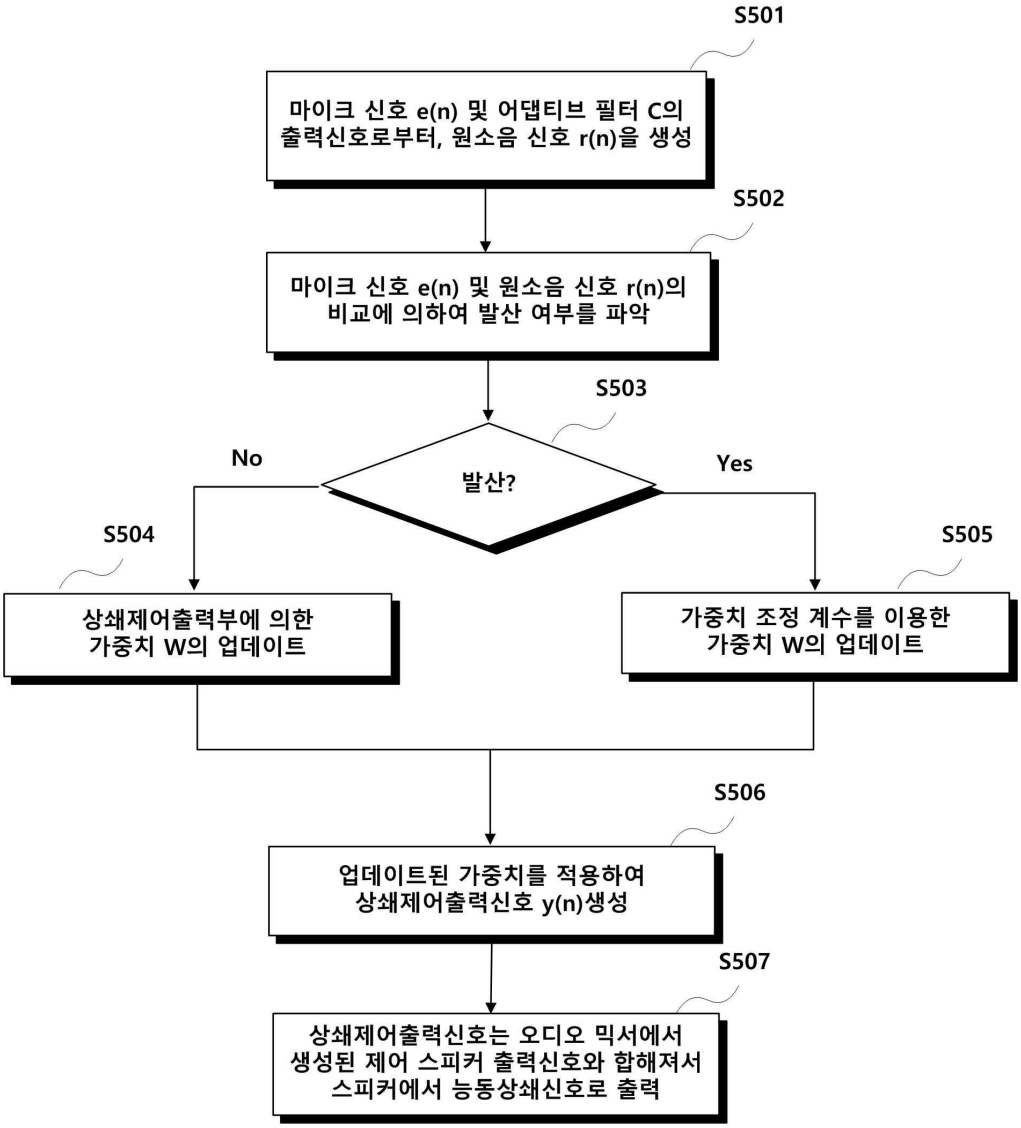
도면3


300
232
Accelerometer
원소음 d(n)
MIC
DAC
제어 SPK 출력용
ADC
Dn
Filter
Down sampling
Up sampling
x(n)
R ch
e(n)
M ch
y(n)
K ch
C
fy(n)
r(n)
e'(n)
T
If E[r_m(n)^2] <T_th,m E[e_m(n)^2],
W = α W
255
260
발산 억제 장치
250
265
MFXLMS
fx(n)
LMS update
S
=copy of C
W
copy
제어출력

도면4


S401
상쇄제어출력부에 의한, 가중치 W의 1차 업데이트
S402
마이크 신호 e(f,n) 및 어댑티브 필터 C의 출력신호로부터, 원소음 신호 r(f,n)을 생성
S403
마이크 신호 e(f,n) 및 원소음 신호 r(f,n)의 비교에 의하여 발산 여부를 파악
S404
발산?
No
Yes
S405
가중치 조정 계수 α1을 이용하여 가중치 W의 2차 업데이트
S406
가중치 조정 계수 α2를 이용하여 가중치 W의 2차 업데이트
S407
업데이트된 가중치를 적용하여 상쇄제어출력신호 y(f,n)생성
S408
상쇄제어출력신호는 오디오 믹서에서 생성된 제어 스피커 출력신호와 합해져서 스피커에서 능동상쇄신호로 출력

도면5


S501
마이크 신호 e(n) 및 어댑티브 필터 C의 출력신호로부터, 원소음 신호 r(n)을 생성
S502
마이크 신호 e(n) 및 원소음 신호 r(n)의 비교에 의하여 발산 여부를 파악
S503
발산?
No
Yes
S504
상쇄제어출력부에 의한 가중치 W의 업데이트
S505
가중치 조정 계수를 이용한 가중치 W의 업데이트
S506
업데이트된 가중치를 적용하여 상쇄제어출력신호 y(n)생성
S507
상쇄제어출력신호는 오디오 믹서에서 생성된 제어 스피커 출력신호와 합해져서 스피커에서 능동상쇄신호로 출력