



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0076477
(43) 공개일자 2018년07월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G10K 11/178 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G10K 11/178 (2013.01)

B60L 2270/142 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0180680

(22) 출원일자 2016년12월28일

심사청구일자 2018년05월09일

(71) 출원인

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

오동호

서울특별시 서초구 신반포로 137, 7동 1008호 (반포동, 강남아파트)

김현석

대전광역시 서구 청사서로 70, 103-307(무궁화아파트, 월평동)

(74) 대리인

장수현

전체 청구항 수 : 총 1 항

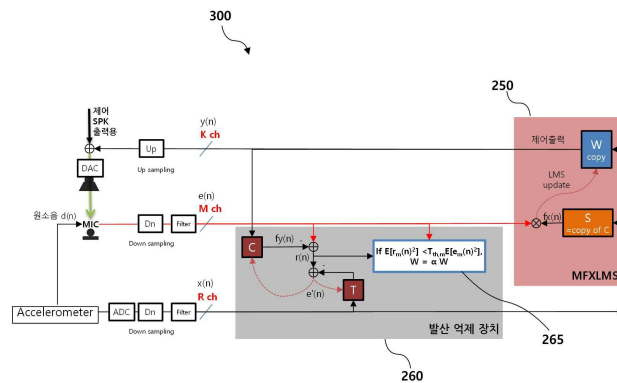
(54) 발명의 명칭 능동소음제어 시스템의 발산 억제 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 능동소음제어 시스템의 발산 억제 방법 및 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 상쇄신호에 의해 능동소음제어 처리중인 신호의 발산 현상을 감지한 경우, 상쇄신호의 크기를 일정 수준 이하로 제어함으로써 소음의 발산을 억제하는 방법 및 그 방법을 수행하는 장치에 관한 것이다.

본 발명에 의하면, 스피커에서 발생시키는 상쇄신호에 의해 능동적으로 소음을 제거하는 시스템에서, 능동소음제어 처리된 신호의 크기가 일정 수준 이상 값에 이르게 되는 경우 이를 소음의 발산으로 판단하여, 상쇄신호의 크기를 일정 수준 이하로 제어함으로써, 예기치 않은 소음의 발산 현상을 근본적으로 차단하는, 능동소음제어 시스템의 발산 억제 방법 및 장치를 제공한다.

대표도



(52) CPC특허분류

B60Y 2306/09 (2013.01)

G10K 2210/1282 (2013.01)

G10K 2210/3023 (2013.01)

G10K 2210/3028 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

발산 억제 장치를 구비하는 능동소음제어 시스템으로서,

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

모델링된 원소음 신호 $r(n)$ 과 마이크 신호 $e(n)$ 의 파워를 모니터링하고 그 크기를 비교하여, 마이크 신호 $e(n)$ 가 일정 수준 이상일 경우 가중치 W 를 감소시킴으로써, 가중치 W 의 발산을 억제하는 가중치 제어 모듈; 및

차체진동을 감지하는 가속도계 출력을 모델링한 값에, 가중치 W 를 적용하여, 능동상쇄신호를 생성하는 스피커의 입력신호인 상쇄제어출력 신호를 산출하는 상쇄제어출력부

를 포함하는 발산 억제 장치를 구비하는 능동소음제어 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 능동소음제어 시스템의 발산 억제 방법 및 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 상쇄신호에 의해 능동소음제거 처리중인 신호의 발산 현상을 감지한 경우, 상쇄신호의 크기를 일정 수준 이하로 제어함으로써 소음의 발산을 억제하는 방법 및 그 방법을 수행하는 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[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) Eriksson L. 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 처리된 신호의 크기가 일정 수준 이상 값에 이르게 되는 경우 이를 소음의 발산으로 판단하여, 상쇄신호의 크기를 일정 수준 이하로 제어함으로써, 예기치 않은 소음의 발산 현상을 근본적으로 차단하는, 능동소음제거 시스템의 발산 억제 방법 및 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 이와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 발산 억제 장치를 구비하는 능동소음제거 시스템은, 모델링된 마이크 신호 $e'(n)$ 를 이용하여 LMS 업데이트 알고리즘을 통해 $E[e'(n)^2]$ 을 최소화하는 어댑티브 필터; 모델링된 원소음 신호 $r(n)$ 과 마이크 신호 $e(n)$ 의 파워를 모니터링하고 그 크기를 비교하여, 마이크 신호 $e(n)$ 가 일정 수준 이상일 경우 가중치 W 를 감소시킴으로써, 가중치 W 의 발산을 억제하는 가중치 제어 모듈; 및 차체진동을 감지하는 가속도계 출력을 모델링한 값에, 가중치 W 를 적용하여, 능동상쇄신호를 생성하는 스피커의 입력신호인 상쇄제어출력 신호를 산출하는 상쇄제어출력부를 포함한다.

발명의 효과

[0006] 본 발명에 의하면, 스피커에서 발생시키는 상쇄신호에 의해 능동적으로 소음을 제거하는 시스템에서, 능동소음제거 처리된 신호의 크기가 일정 수준 이상 값에 이르게 되는 경우 이를 소음의 발산으로 판단하여, 상쇄신호의 크기를 일정 수준 이하로 제어함으로써, 예기치 않은 소음의 발산 현상을 근본적으로 차단하는, 능동소음제거 시스템의 발산 억제 방법 및 장치를 제공하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 종래 능동소음제거 시스템의 구성을 도시한 도면.
 도 2는 도 1의 능동소음제거 시스템의 발산 문제를 해결하기 위하여 제시된 종래 능동소음제거 시스템의 구성을 도시한 도면.
 도 3은 본 발명에 따른 발산 억제 알고리즘이 적용된 능동소음제거 시스템의 구성을 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 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.

[0010] 도 1은 종래 능동소음제거 시스템(100)의 구성을 도시한 도면이다.

[0011] 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.

[0012] 모델링 블록(140)은, 이와 같은 상쇄신호를 생성하기 위한 모델 'S'(141)를, 정차 상태에서 모델링하기 위하여 구성한 모델링 블록이며, S(141)가 모델링된 후에는 상쇄제어출력신호 $y(n)$ (154)을 생성하는 상쇄제어출력부(150) 상에 구비되도록 하고(151), 모델링 블록(140)은 제거된다.

[0013] 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 블록(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 블록(140)은 제거된다.

[0014] 상쇄제어출력부(150)의 모델 S(151)로는 가속도계의 진동 출력신호 $x(n)$ 이 입력되고 이로부터 $f_x(n)$ 신호를 출력하며, 이러한 $f_x(n)$ 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 된다.

[0015] 이때 $f_x(n)$ 신호의 생성식은,

수학식 1

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

[0017] 로 주어지고, 가중치(W) 생성식은

수학식 2

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

[0019] 로 주어지며, 상쇄제어출력신호 $y(n)$ (154)은,

수학식 3

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

[0021] 로 주어진다.

[0022] 그러나 이와 같이 능동상쇄기능에 의해 마이크에서 출력된 마이크 신호 $e(n)$ 은, 예기치 않게 발산하는 경우가 있어, 이에 대한 보완이 필요하게 된다.

[0024] 도 2는 도 1의 능동소음제어 시스템(100)의 발산 문제를 해결하기 위하여 제시된 종래 능동소음제어 시스템(200)의 구성을 도시한 도면이다.

[0025] 도 1에서 발산 억제 장치(260)이 추가되어, 소음의 발산을 방지하는 시스템이다. 즉, adaptive filter T(261)와 C(262)는 $e'(n)$ 신호를 이용하여 LMS 업데이트 알고리즘을 통해 $E[e'(n)^2]$ 을 최소화하게 된다.

[0026] 본 도면에서 $e(n)$ 신호는 실제 마이크(220)로부터의 출력신호이고, $e'(n)$ 신호는 모델링 블록(260)에서의 마이크 출력신호를 의미한다. 즉, 실제 마이크(220) 출력신호 $e(n)$ 에서 모델링된 스피커 출력신호 $f_y(n)$ 을 뺀 값($r(n)$)은(263) W를 통한 제어출력이 배제된 원소음 신호를 추정하고, 이러한 원소음 신호 $r(n)$ 에서 가속도계 신호 $x(n)$ 에 의한 마이크(220) 출력신호를 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.

[0027] 전술한 동작을 수학적식으로 표현하면, 모델링된 마이크 출력신호 $e'(n)$ 은,

수학식 4

$$\begin{aligned} E'(n) &= e(n) - T x(n) - C y(n) \\ &= P x(n) + H y(n) - T x(n) - C y(n) \\ &= \{P-T\} x(n) + \{H-C\} y(n) \end{aligned}$$

[0029]

[0030] 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 시스템을 의미한다. 여기서 $r(n)=e(n)-fy(n)$ 은 제어출력이 배제된 원소음 신호를 추정하고, C는 H를 추정하므로 C를 상쇄제어출력부(250)의 모델 S(251)로 사용할 수 있다.

[0031] 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.

[0033] 도 3은 본 발명에 따른 발산 억제 알고리즘이 적용된 능동소음제어 시스템(300)의 구성을 도시한 도면이다.

[0034] 도 3의 능동소음제어 시스템(300)에는, 도 2의 발산 억제 장치(260)에, 가중치 제어 모듈(265)을 더 포함하는 것이다.

[0035] 도 3에 나타난 MFXLMS(multiple filtered-X LMS) 블록(250), 즉 상쇄제어출력부(250)의 W 업데이트 과정의 오류로 인해 W가 발산하게 되는 경우, $y(n)$ 이 커지고 $e(n)$ 이 증가하게 되면서 수학식 5를 만족하게 되는 시점이 발생한다.

수학식 5

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

[0037]

[0038] 이와 같이 $r(n)$ 신호와 $e(n)$ 신호의 파워를 모니터링하고 그 크기를 비교함으로써 W의 불안정성 여부를 판단할 수 있다.

[0039] 즉, 본 발명에서는 수학식 5의 조건이 만족되는 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

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

[0041]

[0042]

여기서 α 는 1보다 작은 수로서 고정값 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 α 는 다음과 같이 $E[r_m(n)^2]$, $E[e_m(n)^2]$ 및 $T_{th,m}$ 의 함수로써 구할 수 있다.

[0043]

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

[0045]

한편, 전술한 모든 설명에서는 시간 도메인에서 설명하였으나, 관련된 모든 수식을 주파수 도메인으로 변환하여도 성립하게 된다. 이 경우, 발산이 일어나는 특정 주파수 대역에 대하여 전술한 발산 억제 알고리즘을 사용하여 효과적으로 발산을 차단할 수 있다.

부호의 설명

[0047]

100: 종래 능동소음제어 시스템
 110: 가속도계(accelerometer)
 120: 마이크
 130: 스피커
 131: 능동상쇄신호
 140: 모델링 블록
 141: 모델 S
 142: 모델 상쇄신호
 150: 상쇄제어출력부
 151: 모델 S
 153: 상쇄제어출력 모듈
 154: 상쇄제어출력 신호
 200: 종래 능동소음제어 시스템
 210: 가속도계(accelerometer)
 220: 마이크
 230: 스피커
 231: 능동상쇄신호
 250: 상쇄제어출력부
 251: 모델 S
 253: 상쇄제어출력 모듈

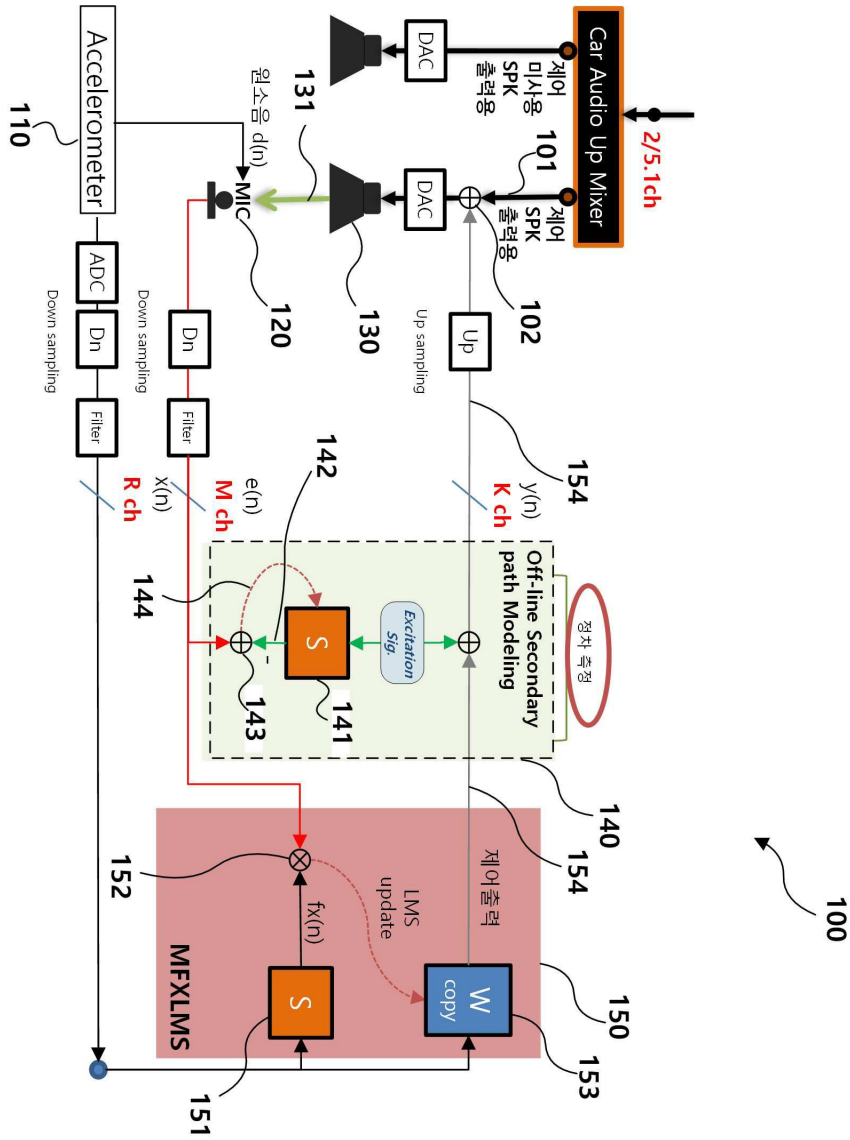
254: 상쇄제어출력 신호

300: 본 발명의 능동소음제어 시스템

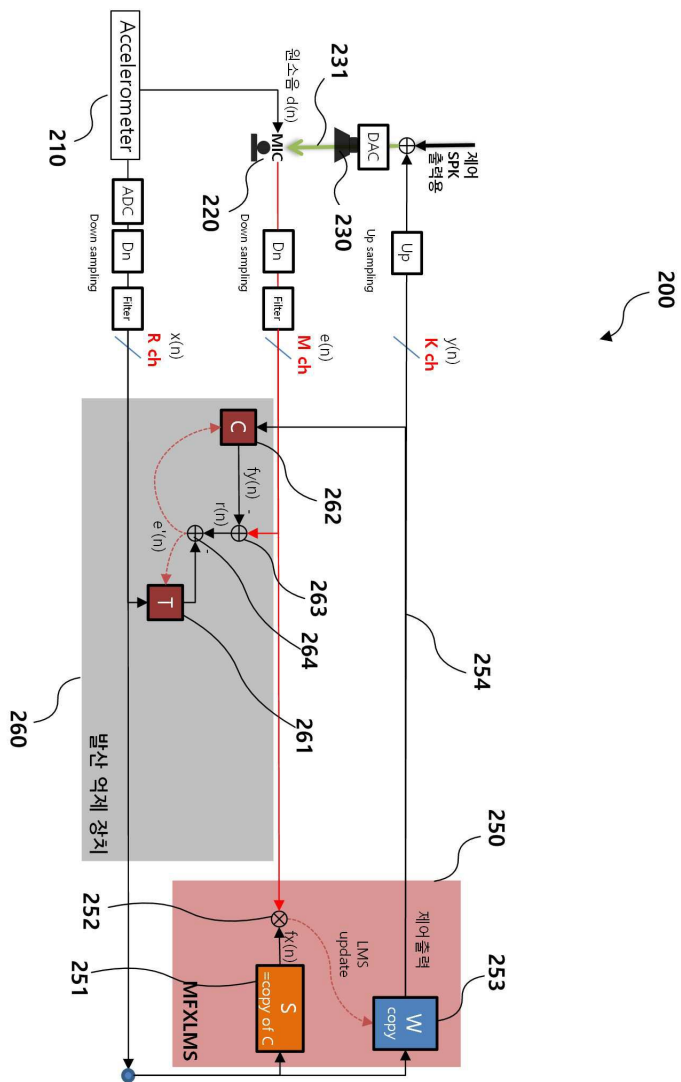
265: 가중치 제어 모듈

도면

도면1



도면2



도면3

