한국소음진동공학회 2011년 추계학술대회논문집, pp.113~114

Silent Zone 구현을 위한 다중채널 능동소음제어계의 설계

Design of Muiti-channel Active Noise Control Systems for Silent Zone Implementation

안동준† · 김근식* · 유동주*· 남현도**
DongJun Ahn† · KeunSik Kim* · DongJu Yoo* · HyunDo Nam**

1. 서 론

도로에서 발생하는 소음은 쾌적한 생활주거 요건을 방해하는 환경 공해로서, 환경 기준이 강화되는 추세로 보아 도로 소음저감요구는 점차 증대되고 있다. 수동적인 소음저감 방법은 흡음재나 방음재를 사용하여 소음을 차단하는 방법으로, 특히 500Hz 미만의 소음특성을 가지는 소음을 저감하기 위해서는 부피의 증가, 저감특성의 약화 등의 문제점이 있다. 이를 해결하기 위하여 능동적인 방법인 '능동소음제어(Active Noise Control)' 기술[(1)]을 고려할 수 있는데, 음의 중첩원리를 이용하여, 소음원의 진폭이 같고 위상이 180° 위상차이가 나는 2차 음원을 발생시켜서 원하는 위치의 소음을 감쇄하는 방법이다.[(2)] 본 논문에서는 3차원 공간에서 소음 감쇄 지점을 다중으로 설치하고 결과적으로 그 지점들의 소음 감쇄 기능을 결집한 silent zone 형성을 을 위한 다중채널 능동소음제어 시스템을 설계하고자 한다. 협대역 소음과 광대역 소음에 대한 시뮬레이션을 통하여 2차음원의 수량보다 오차 마이크로폰의 수량을 크게 하여 제어계 성능을 검증하고자 하였다.

2. 다중채널 능동소음제어계

3차원 폐공간일 경우 다중채널 능동소음제어 시스템을 Figure 1.과 같이 고려할 수 있다. 주요 제어요소로는 기준음원 검출마이크로폰($x_1(n) \sim x_n(n)$)과 오차 마이크로폰($e_1(n) \sim e_n(n)$), 그리고 2차음원($y_1(n) \sim y_n(n)$)으로 구성된다.

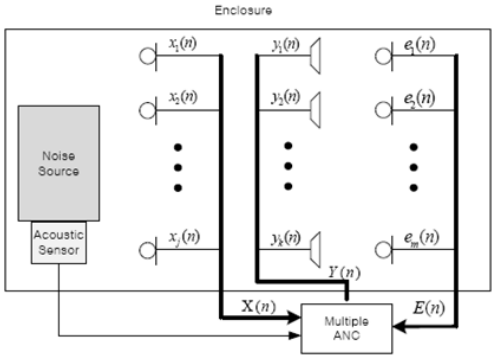


Figure 1 3-Dimensional Active Noise Cancelling Systems

Figure 2 에서, $P(z)$는 1차 경로, $W(z)$는 제어필터, $S(z)$는 2차경로 전달함수로서, 기존에 존재하는 배기 소음의 반대위상을 인위적으로 만들어 내는 2차 음원을 생성하여 상쇄 간섭을 일으켜 오차를 최소화하는 제어 필터를 생성한다. 여기서 $P(z)$는 미지이거나 시변이므로, 적응 필터 알고리즘을 사용한다.($y^*(n)$은 2차 경로 출력이다).

최적의 $W(z)$를 구하기 위해서는, 2차 경로를 고려해야 하므로, 2차경로 전달함수가 급변하지 않는다는 가정 하에 2차경로를 사전에 추정하여 사용하는 Filtered_x LMS 알고리즘을 적용한다.

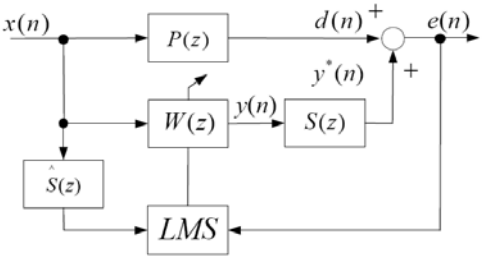


Figure 2 Filtered_x LMS algorithms

† 교신저자; 아주자동차 대학 자동차계열
E-mail : ahndj@motor.ac.kr
Tel : 041-939-3081, Fax : 041-939-3458
* 아주자동차대학 자동차 계열
** 단국대학교 전자전기공학부

본 논문에서는 Figure 3 과 같이 1차음원 1개, 2차음원 2개, 오차마이크로폰 4개인 경우의 다중채널 능동소음제어 시스템을 제안하고자 한다. 2차음원과 오차 마이크로폰의 수를 같게 하여 제어 성능을 높이는 것이 효과적이나, 실제 구현 시에 2차음원의 배치는 비용 및 하드웨어 비용이 많이 발생하므로 2차음원의 수를 적게 하면서 소음 저감 영역을 높이는 것이 경제적이기 때문이다. 본 논문에서는 소음 저감 영역(silent zone)을 확장하는 시스템을 설계하여 능동소음 제어시스템을 성능향상을 기하고자 한다.

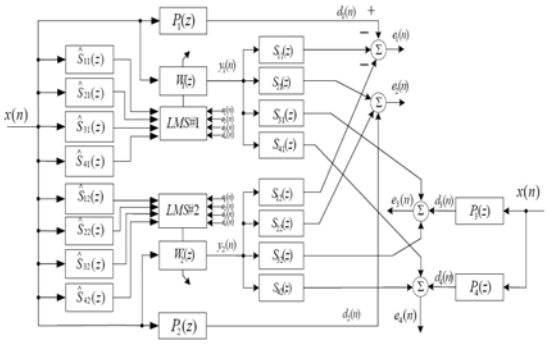


Figure 3 1x2x4 FXLMS algorithms

1x2x4 FXLMS 알고리즘은 다음과 같다.

$$y_1(n) = w_1^T(n)X(n) \qquad (1)$$
$$y_2(n) = w_2^T(n)X(n)$$

여기서,

$$w_1(n) \equiv [w_{1,0}(n)\ w_{1,1}(n) \ldots w_{1,L-1}(n)]$$
$$w_2(n) \equiv [w_{2,0}(n)\ w_{2,1}(n) \ldots w_{2,L-1}(n)]$$
$$X(n) \equiv [x(n)\ x(n-1) \ldots x(n-L+1)]^T$$

2차경로의 prefilter 식은

$$X'_{km}(n) = \widehat{s_{mk}}(n) * X(n) \qquad (2)$$
$$= \sum_{i=0}^{I-1} \hat{s}_{ml,i}(n)X(n-i),\ m = 1,2; k = 1 \sim 4$$

제어필터 갱신 식은

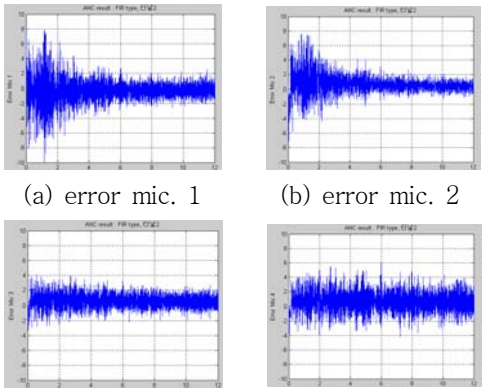
$$W_1(n+1) = W_1(n) + \mu[\widehat{s_{11}}(n) * X(n)]e_1(n) + [\widehat{s_{21}}(n) * X(n)]e_2(n) + [\widehat{s_{31}}(n) * X(n)]e_3(n) + [\widehat{s_{41}}(n) * X(n)]e_4(n) \qquad (3)$$
$$W_2(n+1) = W_2(n) + \mu[\widehat{s_{12}}(n) * X(n)]e_1(n) + [\widehat{s_{22}}(n) * X(n)]e_2(n) + [\widehat{s_{32}}(n) * X(n)]e_3(n) + [\widehat{s_{42}}(n) * X(n)]e_4(n)$$

3. 컴퓨터 시뮬레이션

본 논문에서 제안한 다중채널 안정화 적응필터 알고리즘의 유용성을 보이기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 행하였다. Table 1은 시뮬레이션 공통 파라미터를 나타낸 것이고, 폐공간에서의 전달함수를 몬테칼로링하여 적용하였다.

Table 1 Simulation parameters

전달함수	1x2x4 다중채널(차수:32차)	
음속	340[m/s]	
샘플링 주파수	2[kHz]	
수행 스텝	24,000(12초)	
소음신호	KTX 소음(터널구간)	
2차경로 차수	FIR 구조	192
제어필터 차수	FIR 구조	256
수렴계수	0.00005	



(a) error mic. 1 (b) error mic. 2

(c) error mic. 3 (d) error mic. 4

Figure 4 ANC simulation results

Figure 4 (c), (d)에서 알 수 있듯이 제어효과를 달성하기 위해서는 2차 음원과의 물리적인 배치를 고려해야 할 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 논문에서는 3차원 공간에서 소음 감쇄 지점을 다중으로 설치하고 결과적으로 그 지점들의 소음 감쇄 기능을 결집한 silent zone 형성을 을 위한 다중채널 능동소음제어 시스템을 제안하였다. 2차음원이 제어할 수 공간영역에 대한 추가연구가 필요할 것으로 사료된다

후 기

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업의 연구비지원(과제번호 09기술혁신 E05)에 의해 수행되었습니다.