

되먹임 신호를 활용한 센서 어레이 위상교정 기법

Sensor Array Phase Calibration using Reference Signal Feed Back

이옥† · 최시홍* · 최종수**

Wook Rhee, Sihong Choi and Jong-Soo Choi

1. 서론

마이크로폰 어레이 빔형성 기법과 TDOA 기법은 소음원의 위치를 규명하기 위한 대표적인 측정기술이다. 두 방법의 공통점은 서로 다른 위치에서 수신된 음파신호의 위상차를 그 측정 기반으로 삼고 있다는 것인데, 전자의 경우 측정 신호의 거리차에 의한 위상차를 보정한 뒤 모든 센서의 신호를 합산하여 가상 소음원에서의 음압의 강도를 계산하게 되며, TDOA 기법은 모든 센서 쌍의 도달 지연시간을 측정하고 위치관계에서 얻어진 연립방정식의 근사해로부터 소음원의 위치를 계산하게 된다.

하지만 측정에 사용되는 측정센서는 개체 별 응답 특성의 진폭과 위상의 차이를 지니게 되는데, 이는 측정 결과 오차의 주요 원인으로 작용하게 된다. 이때 신호의 진폭 차이는 피스톤폰을 이용한 교정으로 손쉽게 교정될 수 있지만, 위상의 경우 별도의 교정 시험을 필요하게 된다.

발표된 기존의 연구에서는 측정 주파수 범위에서 부피가 최적화된 덕트와 스피커를 활용한 소형 위상 교정기가 제안되었으나, 이 경우 수십 개의 마이크로폰에 대한 교정 시험을 반복해야 하는 단점이 있다. 이러한 불편함을 개선하기 위하여 본 연구에서는 기준센서의 측정값을 스피커의 입력 신호에 되먹임 하여 형성한 음장에서 전체 측정센서를 동시에 교정하는 방법을 제시하고 그 타당성 입증을 위한 시험을 수행하였다.

2. 본론

2.1 음향센서 위상차의 교정

마이크로폰이나 하이드로폰과 같은 음향센서는 감지부의 음파에 의한 변형에 의하여 출력신호를 생성하게 되는데, 이러한 센서의 개체 차이나 사용된 측

정 시스템의 채널 별 응답특성의 차이에 따라서 위상 측정의 오차를 지니게 된다. 전술한 소음원 위치 추적 기법에서는 각 측정센서 출력신호 간의 위상차이를 측정값으로 활용하기 때문에 절대 위상각에 대한 교정은 필요로 하지 않으며, 시스템의 기준센서에 대한 상대 위상각의 차이를 빼줄 경우 측정오차를 제거할 수 있다. 이때 특정 주파수에서의 위상차, $\varphi_{0i}(f)$ 는 기준센서의 자기 스펙트럼, $\hat{S}_{00}(f)$ 와 교정 대상과 기준센서의 상호 스펙트럼, $\hat{S}_{0i}(f)$ 로 부터 식 (2)와 같이 계산할 수 있다.

$$\hat{H}_{0i}(f) = \frac{\hat{S}_{0i}(f)}{\hat{S}_{00}(f)} \quad (1)$$

$$\varphi_{0i}(f) = \tan^{-1} \frac{\text{Im}[\hat{H}_{0i}(f)]}{\text{Re}[\hat{H}_{0i}(f)]} \quad (2)$$

그리고 측정된 i 번째 센서에서 측정된 주파수 영역 음파신호, $P_i(f)$ 에 대해서 보정된 결과, $P'_i(f)$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P'_i(f) = \frac{P_i(f)}{\hat{H}_{0i}(f)} \quad (3)$$

2.2 기준센서 신호 되먹임을 통한 백색잡음의 특성 개선

위상차 교정 시 주파수 응답함수는 시험을 통해서 얻을 수 있는데, 동시에 측정된 기준센서와 시험 대상의 음파신호에 대한 주파수 분석을 통해 $\hat{H}_{0i}(f)$

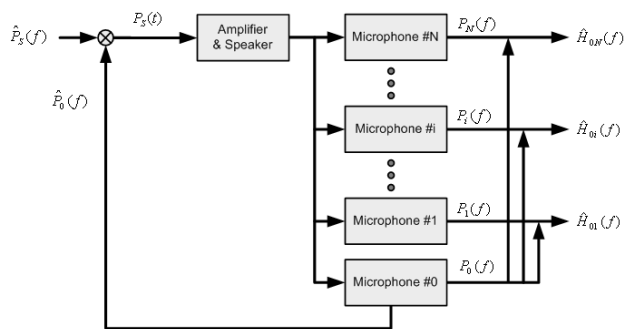


그림 1. Schematics of Sensor Array Phase Calibration System

† 교신저자; 충남대학교 항공우주공학과 대학원
E-mail : wookrhee@cnu.ac.kr
Tel : (042) 821-7774, Fax : (042) 825-9225
* 충남대학교 항공우주공학과 대학원
** 충남대학교 항공우주공학과

의 측정이 가능하다. 이러한 교정 시험에서는 통상 백색잡음(White Noise)을 활용하는데, 이상적인 경우 전체 주파수에 대한 응답특성을 한번에 얻을 수 있기 때문이다. 하지만 시험에서 소음원으로 사용하는 스피커나 구동용 증폭기의 성능, 또한 시험 환경에 대한 반사파나 외부잡음의 영향 등에 의하여 이상적인 백색잡음 음파의 구현은 불가능 하며, 이에 따라 위상차 측정의 정확도는 감소하게 된다. 이러한 문제점의 해결을 위해서 본 연구에서는 기준센서의 측정값을 되먹임 하여 소음원의 구동 신호를 변경하여 교정 시험환경에서 생성되는 음파의 특성을 개선하는 방법을 사용하였다.

3. 검증실험의 수행

3.1 되먹임 신호를 활용한 백색잡음 생성

센서 어레이 위상 교정 실험을 위해 기준센서의 신호를 되먹임 하여 이상적인 백색잡음을 생성 할 수 있는 프로그램을 구성하였다. 그림 2 는 이 중 보정된 출력신호를 생성하는 기능이다. 이를 살펴보면

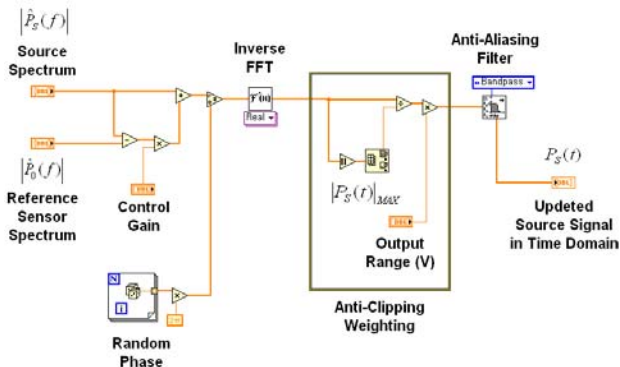


그림 2. LabVIEW Block Diagram for Source Signal Calculation using Reference Sensor Feed Back



그림 3. Phase Calibration Test at the Anechoic Chamber of Low Speed Wind Tunnel in CNU

소음원으로 사용되는 장치의 응답특성을 보정하기 위하여 기준센서에서 측정된 음압 신호의 자기 스펙트럼과 소음원 스펙트럼의 목표치 사이의 레벨 차이를 보정 하도록 하였다. 이때 주파수 영역의 입력값에서 시간축 영역의 출력 데이터를 생성하기 위해 보정된 음압 레벨에 난수발생기로 생성한 임의의 위상을 적용하고 역푸리에 변환을 수행하였다. 이때 생성된 데이터를 출력하기 이전에 출력 신호가 DA 변환기의 출력범위를 넘지 않도록 조정하고, 센서 신호 입력단계에서 알리아징을 방지하기 위한 대역 통과필터를 적용하였다.

3.2 검증실험의 수행

그림 3 은 충남대학교 중형 무향풍동의 무향실에서 수행된 위상차 교정시험장치의 구성을 나타내고 있다. NI PXI 컨트롤러를 사용하여 구성한 측정 시스템에서 각 센서의 입력장치는 4 개의 PXI- 4472 24bit, 동시샘플링 기능의 AD 변환기를 사용, 최대 32 채널 까지 데이터 취득이 가능하도록 하였다. 또한 DA 변환기로는 PXI-6711 를 사용하고 Britz BR1800 멀티미디어 스피커를 별도의 증폭기 없이 연결하여 음파를 발생시키도록 하였다.

검증시험에서는 2 종의 1/4" IEPE 형 마이크로폰 (MG M360, BSWA MPA416)의 특성을 비교했으며, 하이드로폰(RESON TC4013)에 대한 동일 시험을 공기 중에서 수행했는데, 제안된 되먹임 신호를 활용한 시험기법을 활용했을 경우 보다 개선된 측정 결과를 얻을 수 있었다.

4. 결 론

마이크로폰이나 하이드로폰과 같은 음향센서에 존재하는 수파수 응답특성의 개체 별 차이를 보정하기 위한 교정실험에서 측정 정밀도를 개선할 수 있도록 기준센서 신호 되먹임을 활용한 위상차 교정기법을 제안하고 검증시험을 수행하였다.

무향실 환경에서 수행한 검증실험에서 기준센서의 측정 신호를 되먹임하여 백색잡음을 생성한 경우 개선된 수파수 응답함수의 측정결과를 볼 수 있었다. 또한 측정된 센서 별 응답특성의 차이를 보정한 경우 마이크로폰 어레이 빔형성 기법에 의한 소음원 가시화 기법과 TDOA 방식의 소음원 위치추적방식에서 측정 결과의 개선을 확인할 수 있었다.

후 기

본 논문의 내용은 과학기술부 기초과학연구사업 (R01-2007-000-20376-0)의 일부로 수행되었으며, 위 기관의 후원에 감사드립니다.