한국소음진동공학회 2013년 추계학술대회논문집, pp. 249~250

고속이동 광대역 소음원의 도래각 추정 연구

A Study on Direction Finding Method for Rapidly Moving Wide-band Source

하재현†· 이용재*· 박 웅*· 김상민*

Jae-hyoun Ha, Yong-jae Lee, Woong Park and Sang-min Kim

1. 서 론

대부분의 방향 탐지를 위한 스펙트럼 기반의 도래각 추정 기법은 관측시간 동안 신호원의 위치가 고정되어 배열센서에서 수신되는 신호원의 도래각 파라미터가 시불변이라는 가정 하에 이루어지고 있다. 이러한 스펙트럼 기반의 도래각 추정기법을 고속으로 이동하는 신호원에 적용할 경우 시간에 따라 변화하는 도래각 파라미터로 인해 공간 스펙트럼에 분산효과가 나타난다. 따라서 원하는 시각에 대한 도래각 파라미터를 추정 할 수 없게 된다.

도래각 분산 효과로 인하여 정확한 추정이 어려운 고속으로 이동하는 신호원에 대하여 시변 조향 벡터를 적용한 국부다항근사화 기반의 빔포밍(LPA Beamforming: Local Polynomial Approximation Beamforming)이[1] 소개되었다. 국부다항근사화 기반의 빔포밍은 신호원의 이동 속도가 빠르고 관측시간이 비교적 짧다는 가정 하에 표적의 도래각 운동을 테일러식으로 전개하고 관측시간내의 임의의 근사화 중심에서 도래각과 각속도를 추정하는 방법이다. 하지만 국부다항근사화 기반의 빔포밍은 신호원이 협대역이라는 조건하에 적용할 수 있는 방법으로 광대역 소음원에 적용하기에는 적합하지 않다.

본 연구에서는 고속으로 이동하는 광대역 소음원의 도래각을 추정하기 위한 방법으로, 대역통과 필터를 이용한 국부다항근사화 기반의 빔포밍 기법을 제안하였다. 또한 고속으로 이동하는 로켓의 소음을 음향센서로 측정하여 기존의 1차원 스펙트럼 기반의 도래각 추정 기법과 제안기법의 결과를 비교 검토하였다.

† 교신저자; 정회원, 국방과학연구소
E-mail : hahyoun@hanmail.net
Tel :(041) 671-2540, Fax : (041) 673-1122
* 국방과학연구소

2. 본 론

2.1 고속이동 광대역 소음원 도래각 추정 알고리즘

국부다항근사화 기반의 빔포밍은 신호원의 운동을 도래각과 각속도로 근사화하여 임의의 도래각과 각속도에 대한 시변조향 벡터를 적용하여 아래의 식과 같이 도래각과 각속도 2차원에 대한 공간 스펙트럼을 유도한다. 따라서 2차원 공간 스펙트럼의 첨두치를 통하여 신호원의 도래각과 각속도를 동시에 추정 할 수 있다.

$$P(\theta,\theta')=\frac{1}{LN}\sum_{n=1}^{N}\left|\underline{a}^{H}(\theta,\theta')\underline{x}(t+(n-1)T)\right|^{2}$$

여기서 입사신호 $\underline{x}$ 는 협대역의 복소신호라는 조건이 주어진다. 하지만 추정하고자 하는 대부분의 소음은 광대역 신호이다. 따라서 국부다항근사화 기반의 빔포밍을 이용한 광대역 로켓소음 도래각 추정 방법의 절차는 다음과 같다.

1) 어레이 마이크로폰에서 수집한 신호를 대역통과 필터를 통해 협대역 신호로 변환한다.

2) 변환된 신호를 힐버트 변환을 통해 복소신호로 다시 변환한다.

3) 탐색하고자하는 도래각과 각속도의 범위를 정하고, 범위내에 있는 임의의 도래각과 각속도에 대한 시변 조향 벡터를 유도한다.

4) 시변 조향 벡터를 이용하여 2차원 공간스펙트럼을 유도한다.

5) 공간 스펙트럼의 첨두치를 통하여 소음원의 도래각과 각속도를 추정한다.

2.2 광대역 소음원의 도래각 추정

8개의 마이크로폰으로 구성된 등간격 선형배열 센서를 이용하여 로켓 슬레드 시험에서 발생하는 소음을 측정하였다. 기존의 1차원 공간 스펙트럼 기반의 도래각 추정 기법과 국부다항근사화 기반의 빔포밍 기법을 적용하여 로켓 소음원의 공간 스펙트럼을 유도하였다.

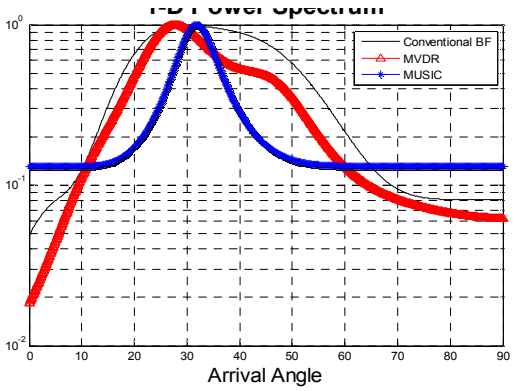

Figure 1 One dimensional power spectrum of a moving source

그림 1은 1차원 공간 스펙트럼 기반의 도래각 추정 기법인 Conventional Beamformer, MVDR(Minimum Variance Distortionless Response)과 MUSIC(Multiple Signal Classification) 방법을 각각 적용하여 유도한 공간 스펙트럼이다. 도래각 분산효과로 인하여 각각의 공간 스펙트럼은 넓게 퍼진 형태로 유도되었으며, 각각의 첨두치는 29.7 °, 27.7 °, 31.8 °로 서로 일치하지 않음을 확인 할 수 있다.

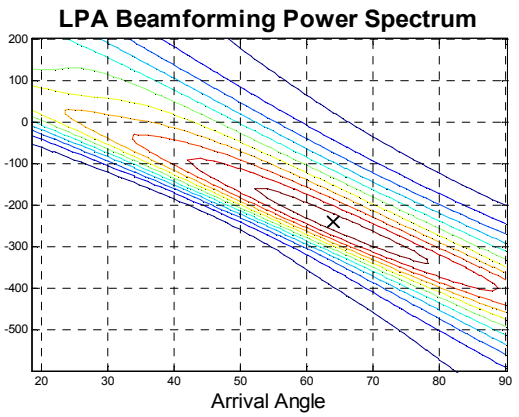

Figure 2 LPA beamforming power spectrum of a moving source

그림 2는 광대역 소음원의 국부다항근사화 기반의 빔포밍 기법으로 유도한 2차원 공간 스펙트럼이다. 공간 스펙트럼에서 첨두치를 'X' 로 표시하였고, 그 도래각과 각속도는 각각 64 °, -240 °/s 이다. 따라서 2차원 공간스펙트럼의 추청 결과로 관측이 시작되는 근사화 중심의 도래각은 64 ° 이며 소음원은 시계방향으로 초당 240 ° 의 각속도로 이동하였음을 추정 할 수 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 고속으로 이동하는 광대역 소음원에 적합한 도래각 추정 기법에 대하여 논하였다. 로켓 슬레드 시험에서 기존의 1차원 방향 탐지기법으로 공간 스펙트럼을 유도한 경우 4 ° 에서 64 ° 구간에 도래각 분산 효과가 나타남을 확인 할 수 있었다. 하지만 제안 기법을 적용하였을 경우 관측 시점의 도래각과 각속도를 동시에 추정할 수 있었으며, 그 결과 관측시간 250 ms 동안 도래각이 64 ° 에서 4 ° 로 변동되었음을 추정 할 수 있었다. 따라서 고속으로 이동하는 소음원에 대하여 1차원 방향 탐지기법으로 유도한 공간 스펙트럼에 분산효과가 있을 경우, 제안 기법을 적용하는 것이 적합함을 실험으로 확인 하였다.

향후 제안 기법의 대역통과 필터 적용으로 인한 그룹지연 및 신호 왜곡, 2차원 공간 스펙트럼 유도에 따른 많은 계산량을 개선 할 수 있는 방법과 추정 성능의 해석적인 분석에 관한 연구가 요구된다.

참 고 문 헌

(1) V. Katkovnik, A. B. Gershman, 2000, A Local Polynomial Approximaion Based Beamforming for Source Localization and Tracking in Nonstationary Environments, IEEE Signal Processing Letter, vol. 7, pp. 3-5