

다중 표적 획득을 위한 블라인드 적응 빔형성 알고리즘 시뮬레이터 개발

김지현¹, 서영광¹, 권순영¹, 박진오², 강현진², 김재윤², 문병호², 김형남[©]
 부산대학교 전자공학과¹, LIG 넥스원²

hnkim@pusan.ac.kr[©]

Development of Blind Adaptive Beamforming Algorithm Simulator for Multi-target Detection

Ji-Hyeon Kim¹, Young-Kwang Seo¹, Soon-Young Kwon¹, Jin-Oh Park², Hyun Jin Kang²,
 Jae Yun Kim², Byung Ho Mun² and Hyoung-Nam Kim[©]
 Pusan National University¹, LIG Nex1²

요 약

블라인드 적응 빔형성은 관심신호의 진폭이 일정한 특성과 평균과 자기상관이 주기적인 특성 등을 활용하여 간섭신호를 제거하는 역할을 수행한다. 본 논문에서는 이러한 블라인드 적응 빔형성 알고리즘의 성능 분석을 용이하게 하고 알고리즘 개선 등에서도 유저가 쉽게 사용할 수 있도록, '블라인드 적응 빔형성 알고리즘 시뮬레이터'를 개발한 결과를 제시한다. 개발된 시뮬레이터는 송·수신 환경에 따라 다양한 변조방식의 신호를 생성하여 혼신신호를 모의할 수 있고, constant modulus algorithm (CMA) 계열과 self-coherence restoral (SCORE) 계열의 블라인드 적응 빔형성 알고리즘을 적용하여 혼신신호를 분리 및 획득한 결과를 확인할 수 있으며, 빔형성 과정 이후에 선택적 도래각 추정 기법을 적용하여 추정된 도래각을 확인할 수 있다. 또한, 음성 데이터를 아날로그 및 디지털 변조 방식으로 혼신신호를 생성할 수 있으며, 빔형성 출력 신호를 복조하고 이를 들어볼 수 있는 기능을 포함하고 있다. 개발된 시뮬레이터는 다양한 변조 방식의 신호들이 혼신되어 수신되는 환경에서 블라인드 적응 빔형성 알고리즘과 선택적 도래각 추정 기법의 성능을 분석할 수 있다.

I. 서 론

무선통신 기술이 발전하면서 동일한 주파수 대역을 공유하는 간섭신호를 분리하기 위한 빔형성 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 [1-2]. 간섭신호 제거를 위한 빔형성 시스템을 구현할 때, 신호원의 수와 입사각 등의 정보가 있다면 이를 기반으로 효과적인 빔형성 시스템을 구현할 수 있다. 하지만, 일반적인 상황에서 이 정보들은 주어지지 않는다. 또한, 안정적인 빔형성을 위해서 각 센서에서 획득된 신호의 위상 차이를 정확히 보정하기 어려운 환경에서는 일반적인 빔형성 기술을 활용하기 어렵다. 블라인드 적응 빔형성 알고리즘은 수신신호에 대한 사전정보가 없는 상황에서 각 센서에 대한 위상 보상 없이도 간섭신호를 제거하고 관심신호를 획득할 수 있다.

대표적인 블라인드 적응 빔형성 알고리즘으로 CMA와 SCORE가 있다. CMA는 frequency modulation (FM), phase shift keying (PSK), frequency shift keying (FSK) 등과 같이 신호의 진폭이 일정한 특성에 기반하여 구현되며 [3-4], SCORE는 대부분의 통신 신호가 심볼율에 따라 평균 및 자기 상관이 주기적인 cyclostationary 특성을 활용하여 구현된다 [5-6].

본 논문에서는 블라인드 빔형성 알고리즘의 성능 분석과 향후 알고리즘 개선 등을 용이하게 할 수 있도록 GUI (graphic user interface) 기반의 블라인드 적응

빔형성 알고리즘 시뮬레이터를 개발한 결과를 제시한다. 개발된 시뮬레이터는 다양한 변조방식의 혼신신호 생성 단계, multi-target least squares CMA (MT-LSCMA)와 MT-SCORE 등 블라인드 빔형성 알고리즘의 적용 단계, 그리고 빔형성 출력으로부터 도래각의 추정 단계를 포함하며, 각 단계에서의 결과를 확인할 수 있다.

II. 블라인드 적응 빔형성 알고리즘 시뮬레이터 구성

본 논문에서 개발한 블라인드 적응 빔형성 알고리즘 시뮬레이터는 그림 1과 같이 다수의 혼신신호 생성, dominant mode prediction (DMP) 기반의 초기 빔형성 벡터의 추정, 블라인드 적응 빔형성의 적용, 선택적 도래각 추정의 4 단계 과정으로 구성되며, 개발된 시뮬레이터의 GUI는 그림 2와 같다.

첫 번째로, 혼신신호 생성 단계는 송신신호의 정보를 설정하여 수신기 환경에 따라 모델링하는 과정이다. 송신신호원의 변조방식은 FSK, FM, BPSK, QPSK, QAM을 적용할 수 있으며, 신호의 입사각, 대역폭, 파워 등의 송신 정보에 따라 생성할 수 있다. 또한, 음성 데이터를 아날로그 및 디지털 변조 방식으로 혼신신호를 생성할 수 있다. 수신기 환경으로 센서 수, 이동 속도, 센서 별 잡음 차이 등을 설정하여 수신신호를 생성한다. 그 결과로, 시간 영역, 주파수 영역의 파워 그래프와 송신신호원과 수신기의 위치 그래프를 통해서 신호원의 생성

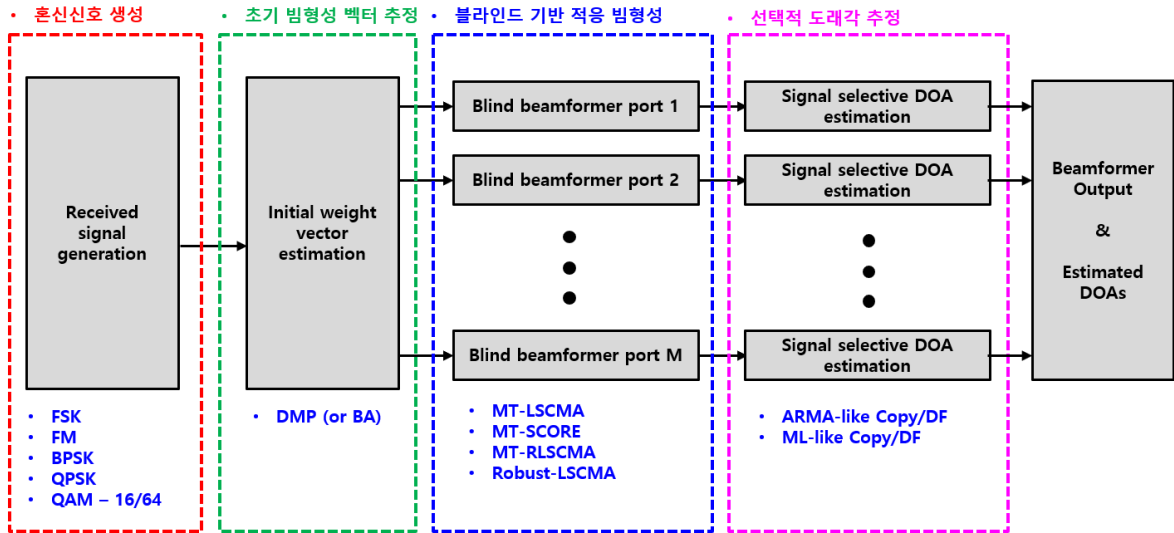


그림 1. 블라인드 적응 빔형성 알고리즘 시뮬레이터의 흐름도.

그림 2. 블라인드 적응 빔형성 알고리즘 시뮬레이터의 외형 구성.

결과를 확인할 수 있다. 시뮬레이션 파라미터 정보를 불러오기 및 저장하기 기능을 통해 동일한 모의 실험을 진행할 때 편리성을 보장한다.

초기 빔형성 벡터 추정 단계는 블라인드 적응 빔형성기가 관심신호를 추출하고 간섭신호를 제거하도록 DMP 알고리즘을 활용하여 초기 빔형성 벡터를 추정하는 과정이다 [3]. DMP 알고리즘으로 획득된 초기 빔형성 벡터는 새로 등장한 신호의 입사각에서 높은 빔형성 이득을 가지며, 기존에 존재하던 간섭신호의 입사각에는 아주 낮은 이득을 가진다. 이러한 초기 빔형성 벡터를 블라인드 적응 빔형성 알고리즘에 할당함으로써 빔형성기가 서로 다른 신호로 수렴하는 것을 보장하고 수렴 속도를 개선할 수 있다.

블라인드 적응 빔형성 알고리즘 단계에서는 빔형성 알고리즘을 선택하고 필요한 변수들을 설정하는 부분과 빔형성 결과를 확인하는 부분으로 나뉜다. 본 논문에서 개발한 시뮬레이터는 다수의 관심신호를 모두 분리 및 추출하기 위해 빔형성 포트를 병렬로 배치하여 각 포트의 빔형성기 출력으로 관심신호를 얻도록 한다. 빔형성기에 사용된 알고리즘 중 CMA 계열의 알고리즘으로는 MT-LSCMA [3], MT-RLSCMA [7], robust-LSCMA [8]가 있고, SCORE 계열의 알고리즘은

LS-SCORE, cross-SCORE, phase-SCORE 를 포함한다 [5-6]. 각 포트에서 빔형성한 결과는 빔패턴, 빔형성 벡터의 이득, SINR 등의 여러 방법을 통해 관심신호를 추출하고 간섭신호를 제거하는 성능을 분석할 수 있다. 또한, 신호 생성 단계에서 음원 데이터를 이용하여 신호를 생성했을 경우, 빔형성 출력을 복조하고 듣기 기능을 통해 빔형성기의 성능을 확인해 볼 수 있다.

마지막으로, 선택적 도래각 추정 단계는 병렬로 구성된 빔형성 과정 이후에 각 포트의 빔형성 결과를 이용하여 신호의 도래각 추정을 수행한다. 도래각 추정 기법으로는 auto-regressive moving average like copy/direction finding (ARMA-like copy/DF)와 maximum likelihood (ML)-like copy/DF 알고리즘을 사용한다 [9]. k 번째 포트에서 도래각 추정을 위해 ARMA-like copy/DF 는 k 번째 포트를 제외한 다른 포트들의 빔형성 벡터를 사용하여 도래각을 추정하며, ML-like copy/DF 는 k 번째 포트의 빔형성 출력 신호를 사용하여 도래각을 추정한다. 알고리즘을 수행한 결과는 신호 생성 단계에서 설정한 신호 입사각 정보와 도래각 추정값을 비교하여 추정 오차를 확인할 수 있다. 추정된 도래각 값을 이용하면 관심 신호원에 대한 위치 추정 기술에 활용할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 특정 주파수 대역에 존재하는 다수의 혼신신호를 분리 및 추출할 수 있는 블라인드 적응 빔형성 알고리즘의 성능 분석 시뮬레이터를 개발하였다. 개발된 시뮬레이터를 통해서 다양한 변조방식의 신호가 혼신되어 수신되는 환경을 모의할 수 있으며, 블라인드 적응 빔형성 알고리즘을 이용하여 간섭신호를 제거하고 관심신호를 추출하는 빔형성의 성능과 선택적 도래각 추정 성능을 분석할 수 있다. 개발된 시뮬레이터는 혼신신호의 변조방식 및 수신환경에 적합한 블라인드 적응 빔형성 알고리즘과 선택적 도래각 추정 알고리즘을 분석하고 평가하는 데 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

2nd Workshop on Recent Trends in Telecommunications Research (RTTR), 2017.

- [9] B.G. Agee, R.A. Calabretta, "ARMA-like and ML-like copy/DF approaches for signal-specific emitter location," *Fifth ASSP Workshop on Spectrum Estimation and Modeling*, Oct. 1990.

ACKNOWLEDGMENT

이 연구는 LIG NEX1 산학협력과제 지원으로 연구되었음.

참 고 문 헌

- [1] Md. Zulfiqar, "Constant Modulus Blind Adaptive Beamforming Based on Unscented Kalman Filtering," *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 22, Issue 4, April 2015.
- [2] Yan Fu, Xianrong Wan, Xun Zhang, Gao Fang, Jianxin Yi, "Side Peak Interference Mitigation in FM-Based Passive Radar Via Detection Identification," *IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems*, VOL. 53, NO. 2, pp. 778-788, April. 2017.
- [3] B.G. Agee, "Blind Separation and Capture of Communication Signals Using a Multitarget Constant Modulus Beamformer," *Military Communications Conference, 1989. MILCOM '89. Conference Record. Bridging the Gap. Interoperability, Survivability, Security*, Oct. 1989.
- [4] Yi Min Zhang, Ke Hu Yang, "CMA Adaptive Array Performance in the Presence of Correlated signals," *대한전자공학회 심포지엄 논문집*, 제 3 권, pp. 352-356, Jan, 1998.
- [5] B. G. Agee, S. V. Schell, W. A. Gardner, "Spectral Self-coherence Restoral A New Approach to Blind Adaptive Signal Extraction Using Antenna Arrays," in *Proc. IEEE 1990*, VOL. 78, NO. 4, pp. 753-767, 1990.
- [6] B. G. Agee, "The property restoral approach to blind adaptive signal extraction," Ph.D. dissertation, Dept. of Electrical Engineering and Computer Science, Univ. of California, Davis, CA, 1989.
- [7] Yuxin Chen, Tho Le-Ngoc, Benoit Champagne, and Changjiang Xu, "Recursive Least Squares Constant Modulus Algorithm for Blind Adaptive Array," *IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING*, VOL. 52, NO. 5, MAY 2004.
- [8] Zeeshan Ahmad, Song Yaoliang, Qiang Du, "A robust adaptive beamforming algorithm based on LSCMA," *2017*