

측위 오차에 의한 NULA 의 Monopulse 특성 분석

김종영, 안성진, 박철순*, 나선필*, 김경민*, 정용식
광운대학교, *국방과학연구소

kjyky1644@gmail.com

Analysis of the monopulse characteristics of NULA by positioning error and interference signal

Kim Jong Young, Ahn Sung Jin, *Park Cheol Sun, *Nah Sun Phil, *Kim Gyung Min,
Chung Young Seek

Kwangwoon Univ, *Agency for Defense Development

요 약

현대 레이더 시스템은 점점 더 복잡한 환경에서의 작동이 요구되고 있으며, 이러한 환경에서는 기존의 균일 선형 배열로는 한계에 직면할 수 있다. 본 연구는 ULA(Uniform Linear Array) 대신 비균일 선형 배열에 대하여 간섭신호를 억제하고 표적의 방향탐지를 위한 모노펄스 특성을 분석하고자 한다. 이를 위해, 배열소자가 일정하지 않은 간격으로 배열된 NULA 구성을 도입하고, 선형 제약 최소 분산(LCMV) 알고리즘을 활용하여 강력한 간섭신호로부터 원하는 신호의 도래각을 정확하게 추정하는 방법을 적용하였다.

I. 서 론

실제환경에서의 레이더 측정에서는 설정한 상태에서의 측정이 원활하게 이루어지지 않을 수 있다. 이를 위해 본 논문에서는 안테나들이 일정한 간격으로 배열된 상태가 아닌 2차원 NULA(Non-Uniform Linear Array) 상태를 가정하였으며, 측정 간 주변환경으로 측정에 대한 설정 값이 변경될 수 있는 사항을 고려하여 최대 0.1λ 의 범위를 갖는 측위 오차를 부여하여 시뮬레이션 하였다.

신호 측정간 외부의 고의적인 간섭신호를 발생시키는 것을 Jamming Signal 이라고 한다. 고출력 Jamming 신호는 JSR > 20dB 인 경우로 수신신호의 도래각 추정에 큰 오차를 야기할 수 있다. 이러한 방해신호를 제거하기 위하여 LCMV 알고리즘을 사용하여 Jamming 신호는 상쇄하고 원하는 신호의 도래각을 추정하고자 한다.

II. Monopulse Ratio Curve

본 논문에서 고려한 시스템 모델은 그림 1 과 같다.

2D NULA(Non-Uniform Linear Array)는 ULA 에서, 각 소자를 기준으로 특정한 범위 내에서 무작위 값의 위치를 갖게 된다.

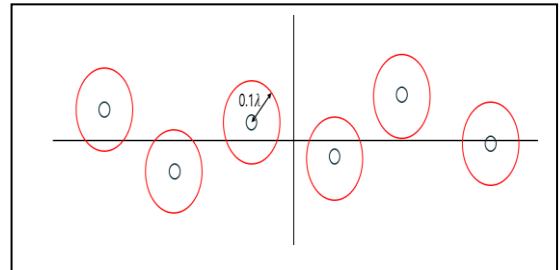


그림 1. 시스템에서의 소자배열
Fig. 1. Array of element in system

NULA에서의 i 번째 소자에 대한 위상 delay 및 Steering vector는 식(1)과 같다.

$$X = \exp\left(-j\frac{2\pi}{\lambda}(x_i \sin\theta + y_i \cos\theta)\right) \quad (1)$$

Jamming Signal의 JSR을 20dB로 가정하였기 때문에 SOI 신호는 간섭신호에 작게 수신된다. 이러한 외부 간섭신호를 억제하기 위하여 LCMV(Linear Constraint Minimum Variance) Algorithm 을 사용하였다 [1].

본 논문에서는 배열 안테나에서 얻은 디지털 IQ(In-Phase Quadrature Phase)신호를 사용하여, 지정한 탐지각도를 커버하는 Monopulse Algorithm [2]를 적용하여 모노펄스 진폭 폭 비율 곡선을 계산하여 송신원의 위치와 추정된 탐지 각도의 오차를 측정하였다.

III. Simulation

해석을 위하여 비균일 간격으로 소자들을 배열한 후 SOI 신호와 Jamming 신호를 특정 각도에서 부여한다. 이때 각 배열소자의 위치에 대한 측위오차는 원 위치에서 최대 0.1λ의 범위를 갖는 무작위 위치로 설정하였다.

해석과정은 NULA 배열소자의 수신신호를 바탕으로 Jamming 신호 제거를 위하여 LCMV 알고리즘을 적용한 후 MRC 특성을 분석하였다.

표 1. 설계 파라미터 값

Table 1. Parameter Value

Number of Element	10
SOI Signal Power	0dB
Jamming Signal Power	20dB
SOI Signal Direction	0°
Jamming Signal Direction	40°
Positioning Error Range	0.1λ

그림 2 는 표1 의 해석 파라미터를 바탕으로 탐지각도 0°~10° 에 대응하는 ULA, 1D NULA, 2D NULA 의 Monopulse Ratio Curve 를 보인다.

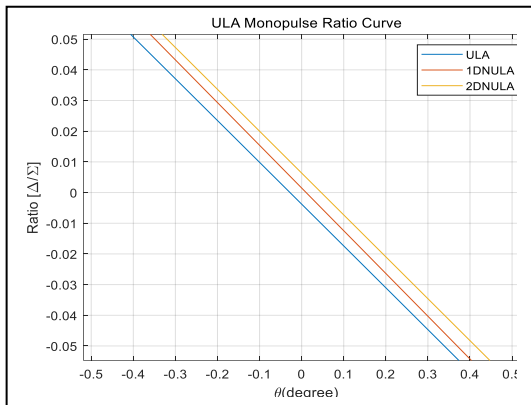


그림 2. ULA, 1D NULA, 2D NULA 모노펄스 비율 곡선
Fig. 2. ULA, 1D NULA, 2D NULA Monopulse ratio curve

그림 3 에서는 2D NULA 에서 10 번의 측위 오차를 부여 하였으며, 측위오차는 원 위치에서 최대 0.1λ의 범위를 갖는 랜덤위치로 설정하였다.

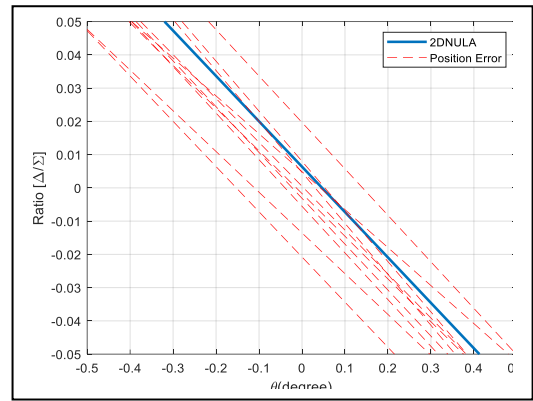


그림 3. 10개의 측위오차 모노펄스 비율 곡선
Fig. 3. 10 Positioning Error Monopulse ratio curve

IV. 결론

본 논문에서는 NULA 에서 측위오차와 간섭신호에 대한 배열 안테나를 사용한 디지털 I/Q 신호를 획득하여 모노 펄스 특성을 분석하였으며, Jamming Signal 에 대한 LCMV 를 적용하여 외부의 간섭신호를 제거하여 효과적인 도래각 추정을 보인다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 정부(방위사업청)의 재원으로 미래도전국방기술과제 (No.915087201)를 통해 연구가 수행되었다.

참 고 문 헌

- [1] X. Wang, C. Chen and W. Jiang, "Implementation of real-time LCMV adaptive digital beamforming technology," *2018 International Conference on Electronics Technology (ICET)*, Chengdu, China, 2018, pp.134-137
- [2] Hyun-Su Oh, Cheol-Sun Park, & Lae-Kyu Chang (2020). Study on Monopulse Direction Detection Using Digital Beamforming. *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 45(5), 875-881, 10.7840/kics.
- [3] Darzi S, Kiong TS, Islam MT, Ismail M, Kibria S, Salem B. Null steering of adaptive beamforming using linear constraint minimum variance assisted by particle swarm optimization, dynamic mutated artificial immune system, and gravitational search algorithm. *Scientific World Journal*.
- [4] Shin, Ho-Sub, "A Study on the Optimum Weight Vector of Linearly Constrained Conditions," *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, vol. 16, no. 5, pp. 101-107, May 2011.