

능동배열레이다의 개구면 외각 소자 위상 조정을 적용한 송신 광역빔 설계

박영규*¹, 양진모**¹, 최준호**², 한일탁**³, 김태완**⁴, 한용희*², 김민욱*³

Design of Wide Transmit-Beam using Phase Tapering of Outer Aperture Element of Active Array Radar

Young-Kyu Park*¹, Jin-Mo Yang**¹, Jun-Ho Choi**², Il-Tak Han**³, Tae-Wan Kim**⁴,
Yong-Hee Han*², and Min-Wook Kim*³

이 논문은 정부(방위사업청)의 지원으로 국방과학연구소의 재원을 받아 수행된 연구개발사업임(No.924017201)

요약

다기능 레이더는 동시에 다수의 표적을 탐색, 추적하는 임무를 수행하여 한정된 시간 자원 내 탐색 소요시간을 최적화하기 위해 송신 광역빔 사용이 필수적이다. 본 논문에서는 2,304개 소자의 능동배열레이더에서 중심소자부터 외각소자까지 선형적인 위상변화 분포를 적용하여 송신 광역빔을 구현하였다. 배열소자의 위상값은 3개의 변수가 적용된 소자 위치별 위상 계산 수식을 통해 최적값을 도출하였다. 설계 결과를 확인하기 위해 능동배열레이더를 제작하고, 제안된 위상분포를 적용하여 근접전계 시험을 통해 송신 광역빔 특성을 확인하였다. 시험 결과 주빔 영역에서 리플로 인한 빔패턴의 왜곡이 없으며, 펜슬빔대비 광역빔에서 약 2배의 빔폭을 확인하였다.

Abstract

Multi-function radars perform the mission of searching and tracking multiple targets simultaneously, so the use of a wide beam transmission is essential to optimize the search transmission time within limited time resources. In this paper, a wide beam transmission is implemented by applying a linear phase change distribution from the center to the outer elements in an active array radar with 2304 elements. The phase value of the array elements was derived from an optimal value through a phase calculation formula for each element position with three variables applied. In order to verify the design results, an active array radar was manufactured, and the wide beam transmission characteristics were verified through a near-field test by applying the proposed phase distribution. The test results showed that there was no distortion of the beam pattern due to ripple in the main beam area, and the beam width was confirmed to be about twice that of the pencil beam in the wide beam.

Keywords

wide transmit beam, pencil transmit beam, bandwidth, active return loss

* 한화시스템 연구원(*¹ 교신저자)

- ORCID¹: <https://orcid.org/0000-0003-0410-191X>

- ORCID²: <https://orcid.org/0000-0002-8576-9614>

- ORCID³: <https://orcid.org/0009-0005-2378-5773>

** 국방과학연구소 연구원

- ORCID¹: <https://orcid.org/0009-0002-0070-4233>

- ORCID²: <https://orcid.org/0000-0002-9244-6637>

- ORCID³: <https://orcid.org/0009-0006-9471-7011>

- ORCID⁴: <https://orcid.org/0009-0004-7111-5769>

· Received: Nov. 13, 2024, Revised: Dec. 19, 2024, Accepted: Dec. 22, 2024

· Corresponding Author: Young-Kyu Park

Dept. of Hanwha Systems 491-23, Gyeonggido-ro, Namsa-eup,

Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea

Tel.: +82-31-8020-7026, Email: ykpark0612@hanwha.com

1. 서 론

현대의 다기능 레이다는 동시에 다수의 표적에 대한 탐색과 추적의 임무를 수행하기 위해 고속의 빔 조향 역할이 필요하다[1]. 한정된 시간 자원 내 목표물의 탐지를 효율적으로 수행하기 위해 송신 광역빔 기능을 사용한다. 송신 광역빔 기능을 활용하면 그림 1과 같이 탐색영역을 송신 광역빔으로 스캔하고, 그 안을 여러 개의 수신빔을 형성하여 탐색할 수 있어 자원이 최적화에 적합하다.

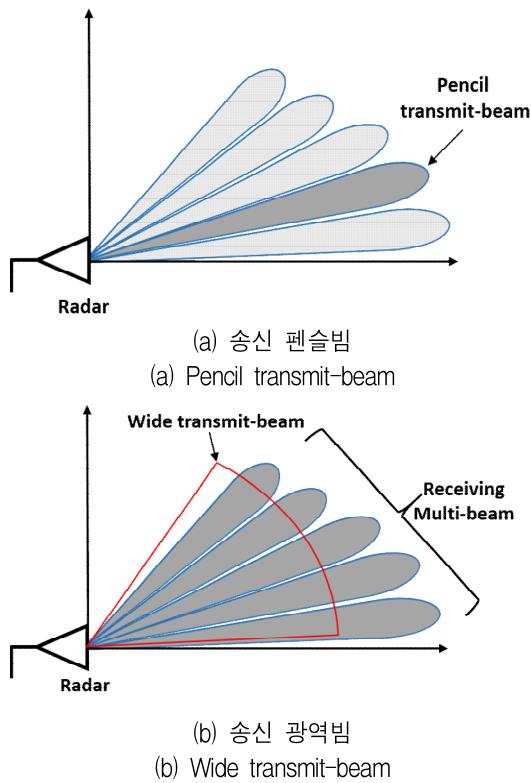


그림 1. 송신 펜슬빔과 송신 광역빔 개념
Fig. 1. Pencil transmit-beam and wide transmit-beam concepts

다기능 레이다에 적용되는 능동배열레이다는 배열안테나와 송수신모듈이 채널별로 기계적 결합된 구조를 갖는다. 따라서 송신성능은 안테나의 이득과 송신기의 출력, 송신 시스템의 손실을 종합한 유효 등방성 복사 전력(EIRP, Effective Isotropic Radiated Power)으로 표현하며 EIRP는 식 (1)로 계산된다.

P_t 는 송신기 출력 전력[dBm], G_t 는 송신안테나 이득[dBi], L 은 송신시스템 손실[dB]을 의미한다.

$$EIRP = P_t + G_t - L \tag{1}$$

안테나 방사패턴의 빔폭은 유효 개구면적 (Effective Aperture Area)의 크기에 반비례하기 때문에 배열안테나의 송신 채널 수를 조절하여 송신 광역빔을 설계할 수 있다. 하지만 송신 채널을 감소시켜 송신 광역빔을 설계할 경우 식 (1)의 P_t (송신기 출력 전력)도 함께 감소하게 된다. 따라서 안테나 송신 성능(EIRP)의 저하가 크게 나타나게 된다.

본 논문에서는 안테나 송신 성능(EIRP)의 저하를 최소화 하며 송신 넓은 빔폭 특성을 만족하기 위해 배열안테나의 송신 채널은 유지하며, 복사소자에 인가되는 위상 조절을 통해 송신 광역빔 특성을 확보하는 방법을 제안한다.

그림 2는 능동배열레이다에 적용되는 송수신모듈 구조를 나타낸다. 능동배열레이다는 각 배열안테나의 복사소자별로 TR모듈이 적용되어 개별적으로 크기와 위상을 제어한다. TR모듈의 위상 가중치를 설정하여 원하는 형태의 위상분포를 설정할 수 있으며, 빠른 전자적 빔조향과 다중 빔형성 등 다양한 빔패턴을 형성할 수 있다[2].

송신 광역빔 최적화 설계를 위해 여러 가지 알고리즘 기법이 연구되었다. 대표적으로 휴리스틱 알고리즘으로 유전알고리즘이 이에 속한다[3].

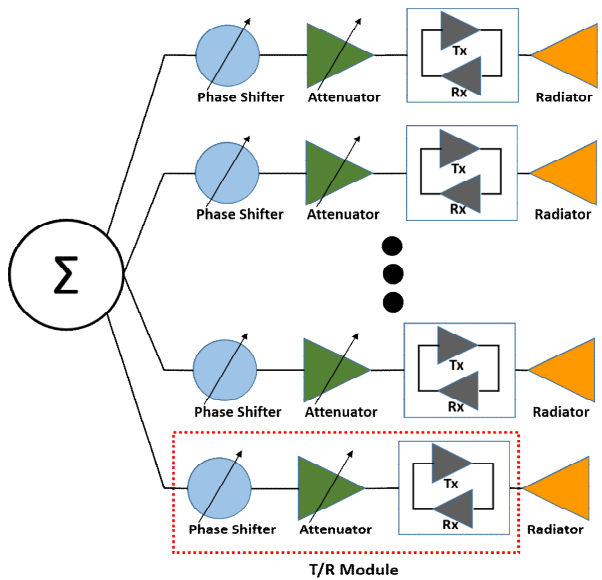


그림 2. 송수신모듈 구조
Fig. 2. Structure of Tx/Rx module

또한, 휴리스틱 알고리즘을 이용한 방법은 무작위적인 탐색 방법을 기반으로 최적해를 찾는 방법으로 연산시간이 많이 필요하고 결과값의 판단이 어려운 오류가 발생된다[4]. 안테나 소자의 가중치와 빔패턴은 푸리에 트랜스폼의 관계로 간단하게 해석이 가능하다. 안테나 소자에 대한 다양한 위상가중치 또는 개구면 진폭 테이퍼링을 적용하여 송신 광역빔을 형성하는 방법들이 제시되었다[5]-[7]. 이러한 방식들은 배열안테나의 모든 소자들에 가중치를 할당하여 주빔의 패턴 영역에 리플이 발생하거나, 안테나 소자의 능동반사계수 특성이 저하되는 영향이 발생할 수 있다. 능동배열레이다의 안테나 송신 및 수신 특성을 검증하기 위해 근접전계 시험을 수행하여 검증하며 일반적인 수동안테나와 달리 안테나 배열소자와 능동소자(증폭기)의 분리가 어려운 능동배열레이다는 별도의 측정시스템을 구성하여 측정이 필요하다[8]-[10].

본 논문에서는 타원형태의 기존 소자와 동일 위상을 갖는 개구면의 크기를 확장하고, 타원의 외부부터 안테나 개구면 외각 소자까지 위상 조절을 이용한 개구면 테이퍼링을 적용하여 송신 광역빔의 빔패턴 형성에 관한 설계법을 제시하고 근접전계 시험을 수행하여 검증한다.

II. 송신 광역빔 설계

x-y평면 상에 복사소자가 배열된 경우 배열인자는 식 (2)와 같다. 식 (2)의 Theta-Phi 좌표계는 구좌표계에서 배열인자를 표현하기 적합한 식이다.

$$AF(\theta, \phi) = \sum_{n=1}^N A_n \exp [jk_0 \sin \theta x_n \cos \phi + y_n \sin \phi] \quad (2)$$

Theta-Phi 좌표계를 u-v좌표계로 표현하는 배열인자(AF, Array Factor)를 도출하는 식은 식 (3)이다.

$$AF(u, v) = \sum_{n=1}^N A_n \exp [j(x_n u + y_n v)] \quad (3)$$

$$; u = k_0 \sin \theta \cos \phi, v = k_0 \sin \theta \sin \phi$$

특정 빔조향 각도에서 복사패턴이 최대값을 갖도록 각각의 복사소자들의 신호 A_n 을 반영한 식은 (4)와 같다.

$$A_n = B_n \exp [j(x_n u_0 + x_n v_0)] \quad (4)$$

$$; u = k_0 \sin \theta_0 \cos \phi_0, v = k_0 \sin \theta_0 \sin \phi_0$$

B_n 은 각각의 복사소자에 공급되는 신호의 크기와 위상이고 해당식을 u-v좌표계로 변환하면 식 (5)가 된다.

$$AF(u, v) = \sum_{n=1}^N B_n \exp [j(u - u_0) + (v - v_0)] \quad (5)$$

배열인자를 도출하는 식에 따르면, 직교좌표계 기준 x-y 평면에 배열된 복사소자가 z축 방향(Theta = 0°)으로 최대 신호크기를 갖기 위해서는 모든 복사소자가 동일한 위상값을 갖도록 설계되어야 한다. 본 연구에서는 배열을 구성하는 배열소자들에 동위상이 아닌 위치에 따라 선형적인 위상 값을 인가하여 최대신호레벨을 목표치로 낮추어, 빔 패턴의 빔폭을 확장하는 방식을 연구하였다. 본 연구에서 목표 빔폭은 송신 펜슬빔 대비 2배의 빔폭을 갖도록 설계하였으며, 동시에 목표 부엽레벨을 만족하고 주빔(Main beam) 영역에서 리플에 의한 빔 패턴 왜곡이 발생하지 않는 최적의 위상 분포 값을 도출하는 것을 목표로 설정했다.

초기 안테나 설계를 위해 X-대역 주파수범위에서 총 2,304(48 × 48)개의 안테나소자에 삼각배열을 적용하였다. 모든 배열소자들의 위상값을 0°로 설정하여 그림 3과 같이 초기의 송신 펜슬빔을 설계하였다. 송신 펜슬빔의 빔폭은 방위각 2.02°, 고각 1.75°, 이득 34.1 dBi의 결과를 확인하였다.

그림 4와 같이 개구면을 타원형으로 적용시 빔패턴이 대칭적으로 형성되며, 설정된 타원형의 면적이 커질수록 빔폭과 부엽레벨이 작아진다. 타원형이 작아질수록 빔패턴은 대칭적이거나 부엽레벨이 높아지고 빔폭이 넓어지며 주빔영역에서 리플에 의한 왜곡이 발생한다.

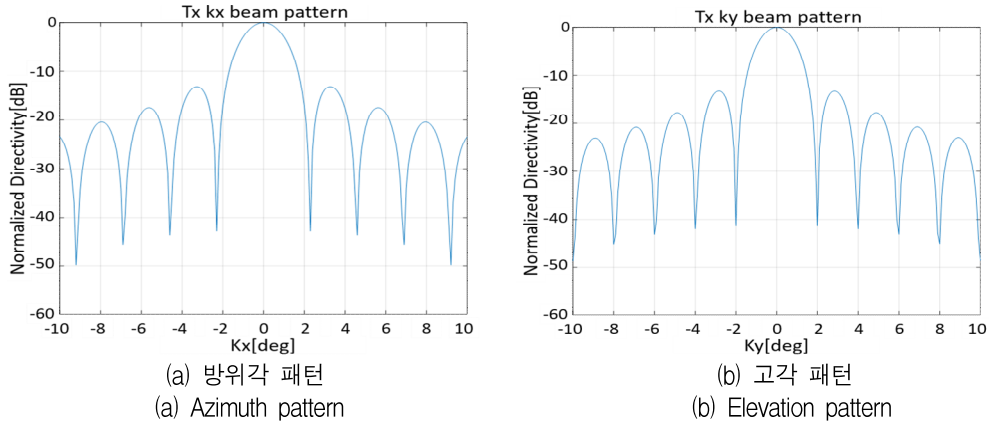


그림 3. 송신 펜슬빔 패턴
Fig. 3. Pencil transmit-beam pattern

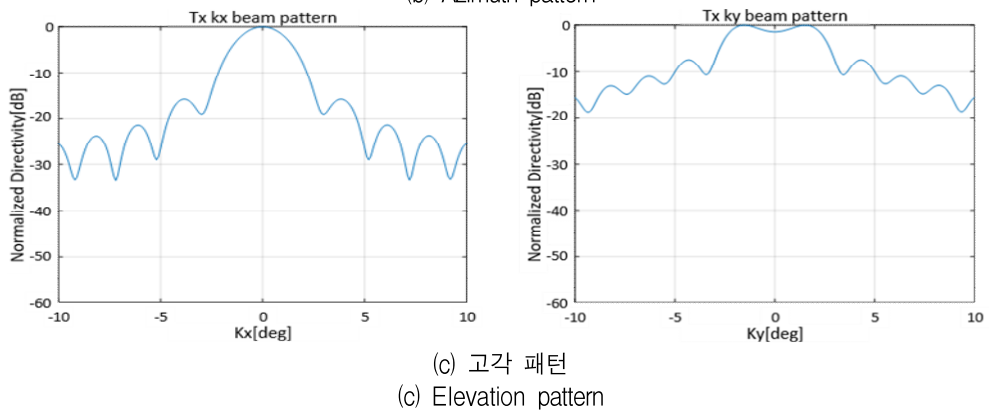
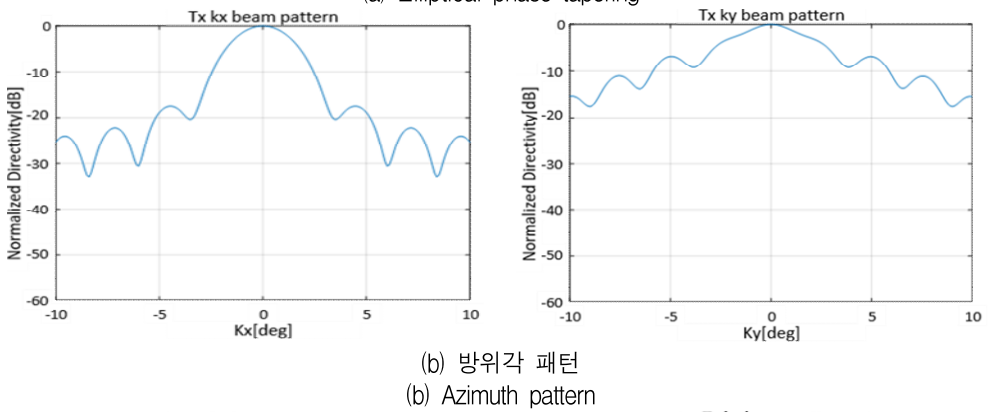
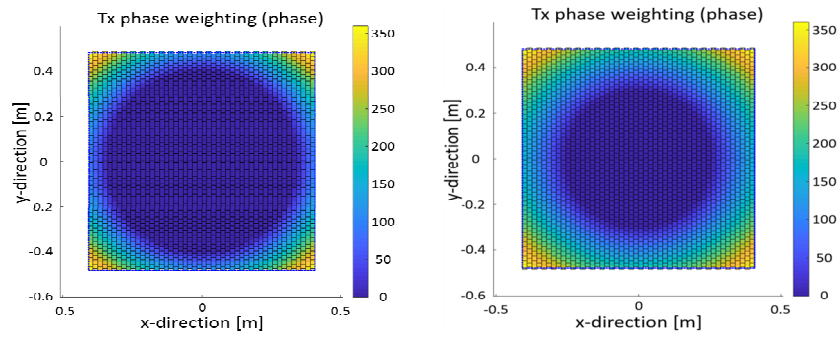


그림 4. 타원형 개구면 테이퍼링 빔패턴 설계 결과
Fig. 4. Elliptical aperture tapering beam pattern design results

위의 설계에서 도출된 결과를 기반으로 최적의 타원형 개구면 크기를 선정하였다. 선정된 타원형의 내부는 동위상 0°로 설정하였다. 개구면 외곽까지 각 배열소자들의 위상 테이퍼링을 그림 5와 같이 초기 0°부터 변경하며 빔패턴 결과를 확인하였다.

송신 광역빔 최적화 설계에서 얻은 결과를 기반으로 안테나 배열소자 각각의 위상을 조정하기 위한 테이블은 아래의 식 (6)으로 도출될 수 있다.

$$\text{Setting phase} = \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{\max(\sqrt{x^2 + y^2})} \times P_v \quad (6)$$

(where $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} > 1$)

x 와 y 는 평면상에 위치한 각 배열소자를 안테나 개구면의 중심을 기준으로 선정했을때 x 축과 y 축의 위치를 나타낸다. a 는 설정된 타원의 단축이고 b 는 설정된 타원의 장축을 의미하고 P_v 는 각 배열소자들의 최대 위상 변화량을 의미한다. 초기 설계 결과를 기반으로 a 가 커지면 안테나 빔 패턴의 방위각 방향으로 빔폭이 증가하고 b 가 커지면 고각 방향으로 빔폭이 증가한다. P_v 값이 커지면 방위각과 고각 방향으로 빔폭이 비례하여 증가하는 결과를 확인하였다. a 와 b 그리고 P_v 의 변수들을 조절하는 간단한 수식을 적용하여 송신 광역빔 패턴을 형성하였다.

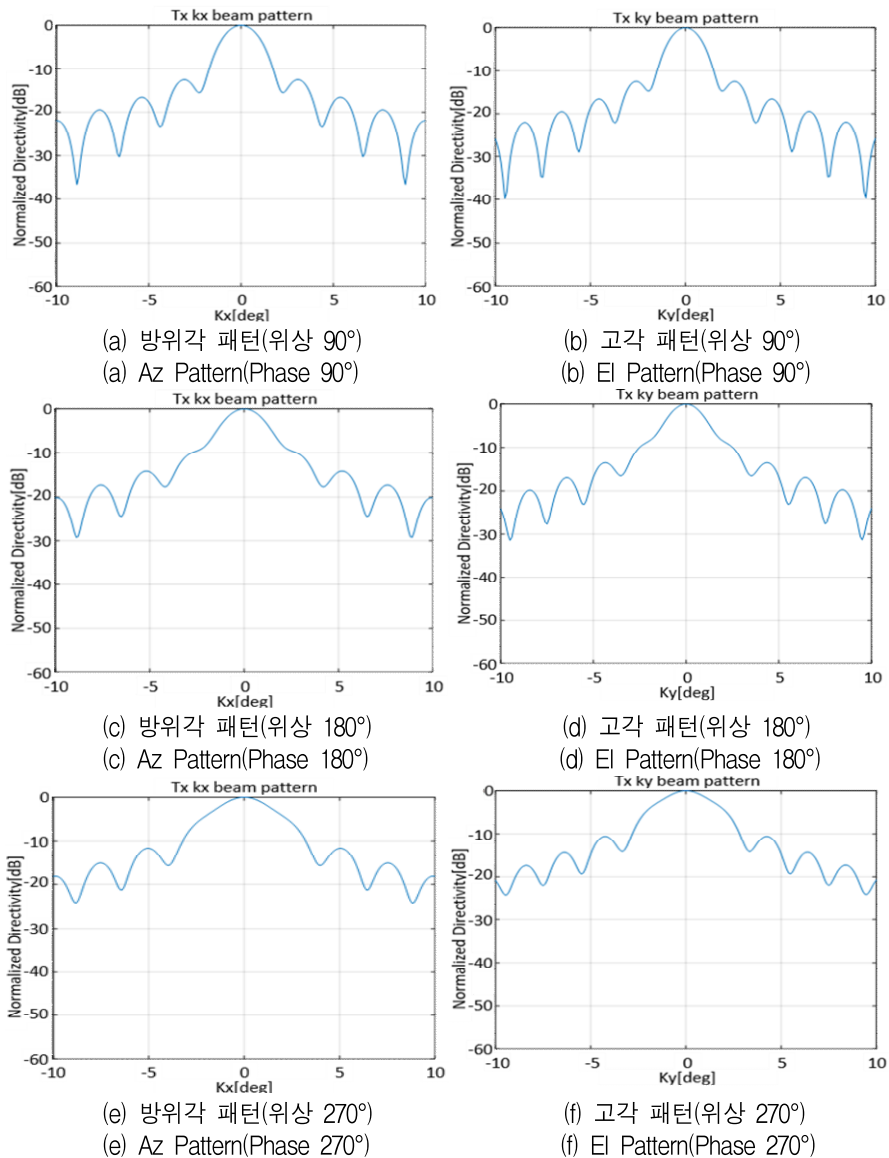


그림 5. 위상 테이퍼링 빔패턴 (90°, 180°, 270°)
Fig. 5. Phase tapering beam pattern (90°, 180°, 270°)

최종 설계된 안테나의 각 배열소자의 위상 테이퍼링이 적용된 결과는 그림 6과 같다. 타원의 내부 파란영역은 위상이 0°의 값으로 설정하였고, 타원의 외부부터 외각소자의 종단까지 0°에서 350°까지 선형적으로 위상을 변화시켜 적용하였다.

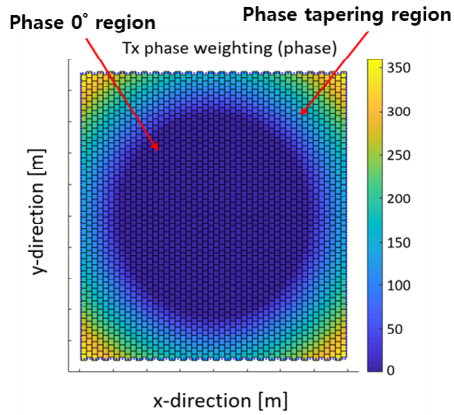
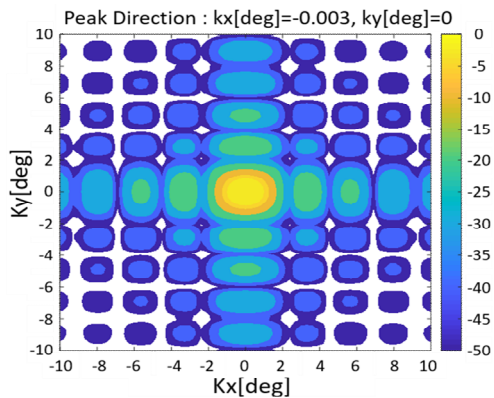
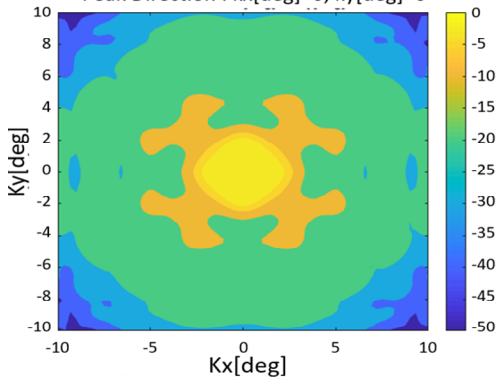


그림 6. 최적화된 안테나 개구면 위상 테이퍼링
Fig. 6. Optimized phase tapering of antenna aperture



(a) 송신 펜슬빔 2D 빔패턴

(a) Pencil transmit-beam 2D beam pattern
Peak Direction : kx[deg]=0, ky[deg]=0



(b) 송신 광역빔 2D 빔패턴

(b) Wide transmit-beam 2D beam pattern

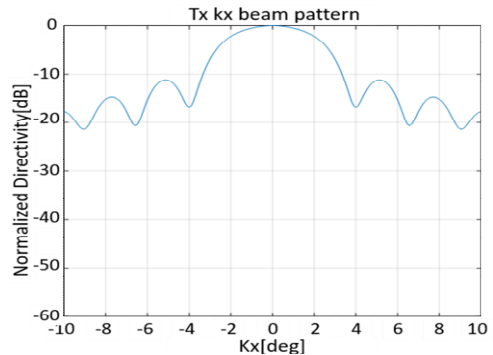
그림 7. 송신 펜슬빔과 송신 광역빔 2D 패턴 비교
Fig. 7. Comparison of pencil transmit-beam and wide transmit-beam 2D pattern

각 배열소자의 위상 테이퍼링 적용/미적용에 의한 송신 펜슬빔과 송신 광역빔의 방사패턴 결과는 그림 7과 같다. 송신 펜슬빔과 송신 광역빔의 주요 특성은 표 1에 설계 결과를 제시하였다.

표 1. 송신 펜슬빔과 송신 광역빔 설계 결과
Table 1. Results of pencil transmit-beam and wide transmit-beam simulation

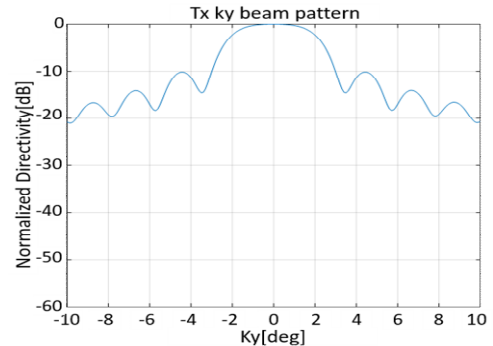
Item	Wide transmit-beam	Pencil transmit-beam	Remarks	
Gain	34.1 dBi	27.74 dBi	Boresight	
BW	Az	2.02°		4.5°
	Ei	1.75°		4.31°

위의 식 (6)을 이용하여 위상 테이퍼링을 적용한 송신 광역빔의 특성은 그림 8과 같이 빔폭이 방위각 4.5°, 고각 4.31°, -10 dB 이하의 부엽레벨을 확인하였다. 송신 광역빔은 방위각과 고각 방향으로 약 2배의 넓은 빔폭이 형성되었다. 주빔 영역 내에서 리플의 발생이 없으며 대칭적인 빔패턴이 형성되는 것을 확인하였다.



(a) 송신 광역빔 방위각 패턴

(a) Wide transmit-beam azimuth pattern



(b) 송신 광역빔 고각 패턴

(b) Wide transmit-beam elevation pattern

그림 8. 송신 광역빔 패턴
Fig. 8. Wide transmit-beam pattern

또한 능동배열레이다의 중요한 파라미터인 능동반사계수는 안테나 개구면 중심에 가까운 배열소자 일수록 레이다 성능에 대한 영향성이 크다. 그림 9는 능동반사계수 측정 결과로 레이다 성능에 미치는 영향성 확인을 위해서 배열소자의 -6dB이하의 특성을 확인하였다. 능동반사계수의 영향이 적어 모든 배열소자를 사용한 송신 광역빔 EIRP의 출력 손실값을 최적화할 수 있다.

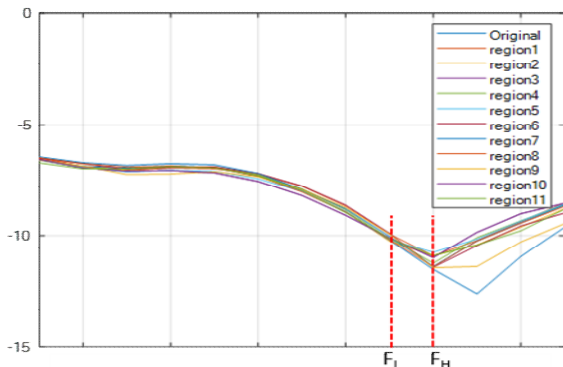


그림 9. 안테나 개구면 중심소자의 능동반사계수
Fig. 9. Active reflection coefficient of antenna aperture center elements

III. 제작 및 측정결과

II절에서 제안한 송신 광역빔 설계방법의 타당성을 검증하기 위해 능동배열레이다를 제작하였고 무반향 챔버 내에서 그림 10과 같은 구성으로 근접전계 시험을 수행하여 설계 결과를 확인하였다.

또한, 그림 11은 근접전계 시험 환경으로 측정간에 멀티패스에 의한 영향성을 최소화하여 측정 정확도 향상을 위해 측정용 프로브의 스캔영역 이외의 공간은 전파흡수체를 부착하였다.

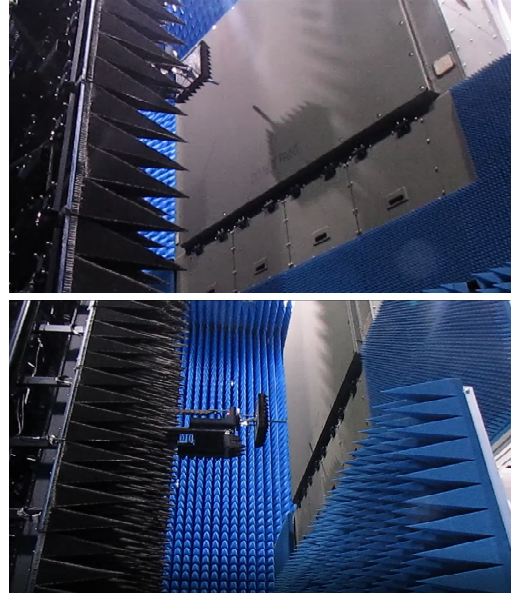


그림 11. 근접전계 시험 환경
Fig. 11. Environment of near-field test

그림 12는 근접전계 스캔 영역 계산을 위한 구성도이며 근접전계 스캔영역(L)은 AUT 개구면크기(D)와 측정프로브의 끝단 개구면크기(P), 계산하고자하는 각도(θ)를 식 (7)을 이용하여 계산한다.

$$L = D + P + 2Z \tan(\theta) \quad (7)$$

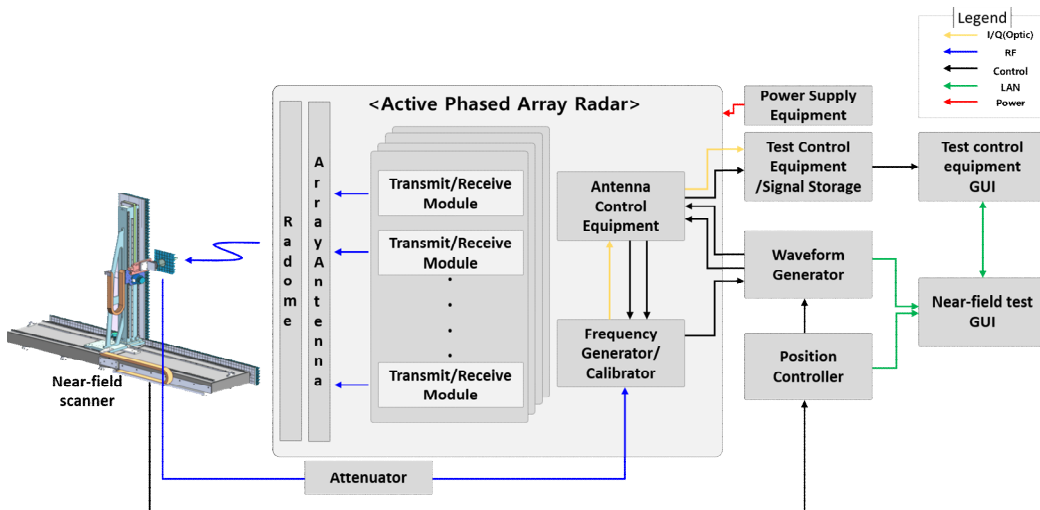


그림 10. 근접전계 시험 블록도
Fig. 10. Block diagram of near-field test

또한, AUT와 Probe와의 거리 Z 는 복사되는 전력을 최대한으로 측정하기 위해 약 5λ 로 선정하였고 측정간 복사소자의 Aliasing이 발생되지 않도록 측정간격을 반과장보다 작게 적용하였다.

근접전계 시험으로 측정결과를 확인하였으며 정규화하여 비교하였다. 그림 13은 주파수 F_l, F_c, F_h 의 근접전계 측정결과로 송신 광역빔이 송신 펜슬빔 대비 방위각 방향으로 2.14배, 고각 방향으로 1.96배로 약 2배의 넓은 빔폭이 형성되는 것을 확인하였다.

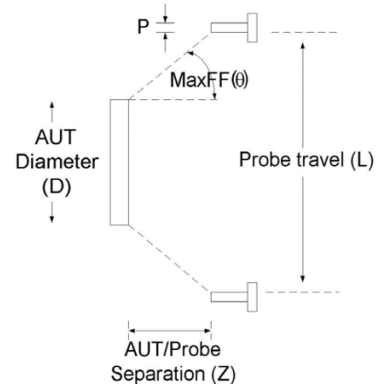
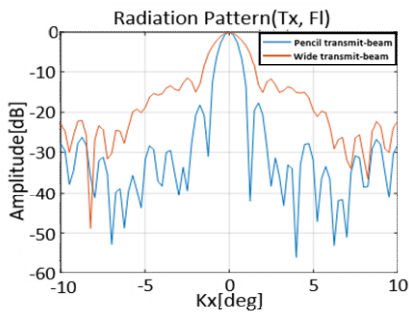
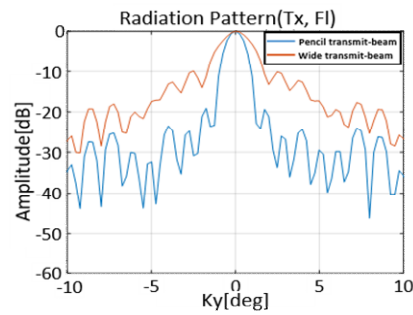


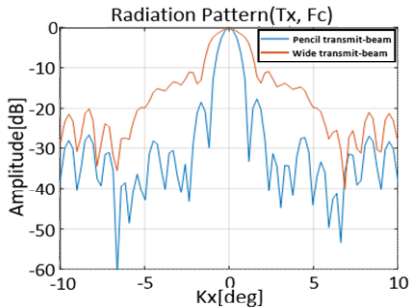
그림 12. 근접전계시험 스캔 영역
Fig. 12. Scan area of near-field test



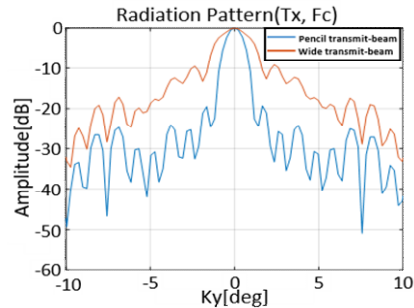
(a) 방위각 패턴(FL)
(a) Azimuth pattern(FL)



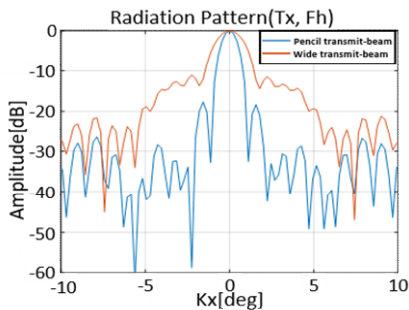
(b) 고각 패턴(FL)
(b) Elevation pattern(FL)



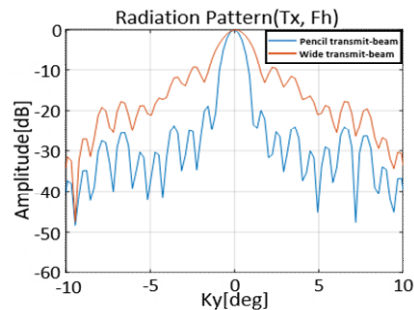
(c) 방위각 패턴(FC)
(c) Azimuth pattern(FC)



(d) 고각 패턴(FC)
(d) Elevation pattern(FC)



(e) 방위각 패턴(FH)
(e) Azimuth pattern(FH)



(f) 고각 패턴(FH)
(f) Elevation pattern(FH)

그림 13. 송신 펜슬빔과 송신 광역빔의 정규화 패턴

Fig. 13. Normalized pattern of pencil transmit-beam and wide transmit-beam

IV. 결 론

본 논문은 능동배열레이다의 송신 광역빔 설계에 3개의 변수를 적용한 간단한 수식을 사용하여 설계하는 방법을 제안하였다. 송신 광역빔 설계를 위해 타원형의 개구면을 설정하여 각 배열소자들의 위상을 선형적으로 조정하였다. 수식을 적용하여 시뮬레이션 설계 결과를 확인하였고 송신 펜슬빔은 $2.02^\circ(\text{Az})$, $1.75^\circ(\text{El})$, 송신 광역빔은 $4.5^\circ(\text{Az})$, $4.31^\circ(\text{El})$ 으로 약 2배의 빔폭이 형성되었다. 제작된 능동배열레이다의 근접전계시험으로 전기적 성능을 확인하였다. 측정 결과 Az 및 El의 주빔 영역에서 리플의 발생이 없고 대칭적인 빔패턴이 형성되었다. 송신 광역빔은 송신 펜슬빔 보다 Az 2.14배, El 1.96배의 넓은 빔폭이 형성되어 설계의 타당성을 증명하였다. 제작 및 측정 결과를 기반으로 능동배열레이다의 송신 광역빔 설계의 시간적 소요와 계산 오류를 최소화하여 최적화에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

References

- [1] H. Kim, H. K. Na and M. H. Jeon, "Development trends of active phased array radar", Proc. of the Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, Vol. 25, No. 2, pp. 39-49, Mar, 2014.
- [2] D. H. Jang, "The Calibration Method of Airborne Active Electrically Scanned Array(AESA) Antenna using Near-field Measurement", Journal of KIIT, Vol. 21, No 12, pp. 121-128, Dec. 2023. <http://doi.org/10.14801/jkiit.2023.21.12.121>.
- [3] K. K. Yan and Y. Lu, "Sidelobe reduction in array-pattern synthesis using genetic algorithm", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 45, No. 7, pp. 1117-1122, Jul. 1997. <https://doi.org/10.1109/8.596902>.
- [4] H. Lebet and S. Boyd, "Antenna array pattern synthesis via convex optimization", IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 45, No. 3, pp. 526-532, Mar. 1997. <https://doi.org/10.1109/78.558465>.
- [5] I. H. Kim, W. Y. Yang, and M. K. Park, "Study on design for broad transmit-beam using characteristic of linear frequency modulation", KIEES Summer Conference 2018, Jeju, Korea, pp. 293, Aug. 2018.
- [6] W. Y. Yang, M. K. Park, S. W. Hong, and C. H. Kim, "Analysis of adaptive side-lobe canceller algorithm for fully digital active array radar", Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, Vol. 29, No. 5, pp. 375-382, May 2018. <https://doi.org/10.5515/KJKIEES.2018.29.5.375>.
- [7] J. W. Jung, "Improved genetic algorithm for pattern synthesis of phased array antenna", Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 13, No. 2, pp. 299-304, Apr. 2018. <https://doi.org/10.13067/JKIECS.2018.13.2.299>.
- [8] Y. W. Kim, H. D. Chae, J. K. Park, H. G. Na, and M. H. Jeon, "Measurement technique for the active phased array antenna", Proc. of the Korea Electromagnetic Engineering Society, Vol. 25, No. 2, pp. 50-59, Mar. 2014.
- [9] H. D. Chae, H. S. Kim, D. K. Lee, M. D. Jeong, and J. K. Park, "Transmit-beam pattern measurement of the active phased-array antenna using near-field measurement facility", Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, Vol. 22, No 12, pp. 1155-1164, Dec. 2011. <https://doi.org/10.5515/KJKIEES.2011.22.12.1155>.
- [10] B. L. Cho, J. S. Lee, S. G. Sun, J. M. Lee, E. H. Lee, and S. G. Lee, "A Study on Calibration of Transmitter and Receiver Channels Using Coupling Lines in an Active Phased Array Radar System", Journal of KIIT, Vol. 14, No 10, pp. 43-49, Oct. 2016. <http://doi.org/10.14801/jkiit.2016.14.10.43>.

저자소개

박 영 규 (Young-Kyu Park)



2016년 2월 : 충북대학교
정보통신공학과(공학사)
2018년 2월 : 충북대학교
전파통신공학과(공학석사)
2018년 3월 ~ 2022년 5월 :
두타기술 주임연구원
2022년 6월 ~ 현재 : 한화시스템

선임연구원

관심분야 : 위상 배열 안테나, 레이더 시스템

양 진 모 (Jin-Mo Yang)



1988년 2월 : 아주대학교
전자공학과(공학사)
1991년 2월 : 아주대학교
전자공학과(공학석사)
2011년 2월 : 충남대학교
전자공학과(공학박사)
1991년 2월 ~ 현재 :

국방과학연구소 수석연구원

관심분야 : 센서 신호처리, 위상 배열 레이더 시스템
설계 및 성능분석

최 준 호 (Jun-Ho Choi)



2001년 2월 : 경상국립대학교
전자공학과(공학사)
2003년 2월 : 광주과학기술원
기전공학과(공학석사)
2015년 2월 : 광주과학기술원
기전공학과(공학박사)
2005년 2월 ~ 현재 :

국방과학연구소 책임연구원

관심분야 : RF 송수신모듈 설계, 위상 배열 레이더
시스템 설계 및 성능분석

한 일 탁 (Il-Tak Han)



2006년 2월 : 충남대학교 전자·
전파·정보통신공학부(공학사)
2008년 2월 : 충남대학교
전파공학과(공학석사)
2008년 2월 ~ 현재 :
국방과학연구소 책임연구원
관심분야 : 전자파 전파 및 산란,
위상 배열 레이더 시스템 및 신호처리

김 태 완 (Tae-Wan Kim)



2014년 2월 : 건국대학교
전자공학부(공학사)
2015년 8월 : 한국과학기술원
전기전자공학과(공학석사)
2019년 2월 : 한국과학기술원
전기전자공학과(공학박사)
2019년 3월 ~ 현재 :

국방과학연구소 선임연구원

관심분야 : 안테나 이론 및 설계, 위상 배열 레이더
시스템

한 용 희 (Yong-Hee Han)



2014년 2월 : 광운대학교
전자융합공학과(공학사)
2016년 2월 : 광운대학교
전파공학과(공학석사)
2016년 7월 ~ 현재 : 한화시스템
전문연구원
관심분야 : 위상 배열 안테나,
레이더 시스템

김 민 욱 (Min-Wook Kim)



2021년 2월 : 경희대학교
전자공학(공학사)
2022년 6월 ~ 현재 : 한화시스템
연구원
관심분야 : 위상 배열 안테나,
레이더 시스템