

표적 특성 기반 교전용 다기능레이다 AESA 안테나 구조설계 프레임워크

A Target-Characteristic-Based Structural Design Framework for an AESA Antenna in an Engagement Multifunction Radar

이 거 연*** · 황 금 철**

Geo Yeon Lee*** · Keum Cheol Hwang**

요 약

본 논문에서는 표적 특성을 입력으로 하여 교전용 다기능레이다의 AESA 안테나 구조·성능 파라미터를 산출하는 프레임워크를 제안한다. 제안 방법은 탐지 기반 개구와 빔폭 기준 개구 중 큰 값을 최종 요구 개구로 정의하고, 이로부터 요구 채널 수, 송신 첨두 전력, 보어사이트 이득 및 3-dB 빔폭 등의 구조·성능 파라미터를 순차적으로 산출한다. 기준 시나리오 적용 결과, 항공기 조건에서는 빔폭 요구가, 탄도탄 조건에서는 탐지 요구가 최종 요구 개구를 결정하여 표적 특성 차이가 AESA 안테나의 구조·성능 산출 결과에 반영됨을 확인하였다. 또한 산출 SNR, 3-dB 빔폭 및 grating lobe 미발생 조건을 각각의 설계 기준과 비교하여 요구 조건 충족 여부를 검증하였다.

Abstract

This paper proposes a framework for deriving the structural and performance parameters of an AESA antenna in an engagement multifunction radar from target characteristics. The proposed method defines the final required aperture as the larger of the detection-based aperture and the beamwidth-based aperture lower bound, and sequentially derives the required channel count, peak transmit power, boresight gain, and 3-dB beamwidth. In the reference scenario, the beamwidth requirement determines the final required aperture for the aircraft case, whereas the detection requirement determines it for the ballistic-target case, confirming that differences in target characteristics are reflected in the structural and performance outputs of the AESA antenna. The derived results are further verified against the design signal-to-noise ratio (SNR), 3-dB beamwidth, and grating-lobe-free spacing conditions.

Key words: AESA Antenna, Multifunction Radar, Structural Design Framework, Target Characteristics, Lattice Candidate

I. 서 론

교전용 다기능레이다의 AESA 안테나는 전자식 빔 조향

과 다기능 운용을 수행하는 핵심 하드웨어이며, 개구 면적, 채널 수, 이득, 빔폭 및 배열 격자는 레이다의 탐지 성능과 AESA 안테나의 구조·성능을 결정하는 주요 설계 파라미터

*한화시스템(Hanwha Systems)

**성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과(Department of Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University)

· Manuscript received June 18, 2026 ; Revised August 6, 2026 ; Accepted August 27, 2026. (ID No. 20260618-006S)

· Corresponding Author: Keum Cheol Hwang (e-mail: khwang@skku.edu)

이다. 특히 요구 채널 수는 송신 출력뿐 아니라 전원 및 냉각 계통의 설계와도 연계되므로, 상세 설계 이전 단계에서 표적 및 레이더 요구 조건에 따른 AESA 안테나 구조·성능 파라미터를 체계적으로 산출할 필요가 있다.

기존 레이더 이론은 요구 탐지 확률과 오경보 확률에 따른 요구 SNR 및 레이더 방정식을 제공하고^{[1],[2]}, 배열 안테나 이론은 개구-이득 관계, 빔폭 근사식 및 grating lobe 미발생 조건을 제공한다^{[3],[5]}.

이와 함께, 레이더 요구 조건을 안테나 및 시스템 설계 변수로 연결하거나 능동 위상배열 안테나를 설계하는 연구도 수행되어 왔다. 차량용 레이더 시스템 설계 연구^[6]에서는 차량 및 도로의 운용 환경으로부터 안테나 빔폭을 설정하고 이득을 산출한 후 레이더 방정식을 이용하여 요구 탐지 성능을 확인하였다. 평면형 능동 위상배열 안테나 연구^[7]에서는 16×16 삼각 배열 구조와 빔 조향 범위를 기준으로 grating lobe를 고려한 배열 간격과 빔 조향 특성을 설계하고 제작·측정을 통해 성능을 검증하였다. 또한 우주감시 위상배열 레이더 연구^[8]에서는 임무 및 대상 표적의 요구 조건을 바탕으로 송·수신 배열 소자 수, 송신 출력, 안테나 이득 및 빔폭 등의 시스템 설계값을 선정하고 이들 설계 변수의 trade-off를 통해 위상배열 레이더 시스템을 설계하였다.

이들 선행 연구가 각각 운용 환경에 따른 안테나 성능 결정^[6], 주어진 배열 구조의 상세 설계 및 검증^[7], 임무·표적 요구에 따른 시스템 설계 변수의 선정과 trade-off^[8]에 초점을 둔 것에 비해, 본 연구는 서로 다른 성능 요구를 공통의 개구 면적 기준으로 비교하여 최종 요구 개구의 결정 기준을 식별하고, 이를 AESA 안테나의 구조·성능 파라미터 산출로 연결하는 설계 절차에 초점을 둔다. 구체적으로 탐지 요구와 빔폭 요구를 각각 개구 면적으로 환산하여 비교하고, 결정된 최종 요구 개구로부터 요구 채널 수, 송신 침투 전력, 안테나 이득 및 빔폭 등의 AESA 안테나 구조·성능 파라미터를 순차적으로 산출한다. 또한 산출된 구조·성능 파라미터를 탐지 성능, 빔폭 및 grating lobe 미발생 조건과 비교하여 요구 조건 충족 여부를 검증한다. 이를 통해 표적 조건의 변화에 따라 최종 요구 개구의 결정 기준과 AESA 안테나의 구조·성능 산출 결과가 어떻게 달라지는지를 확인한다.

II. 표적 특성 기반 AESA 안테나 구조설계 방법

2-1 제안 구조·성능 산출 절차

본 논문에서 제안하는 구조·성능 산출 절차는 그림 1과 같다. 입력 파라미터는 표적 조건, 탐지 성능 조건, 레이더/AESA 설계 파라미터, 빔폭 기준 및 탐색 영역 조건으로 구성된다. 제안 방법은 표적 조건과 레이더/AESA 설계 파라미터를 기반으로 격자 후보별 탐지 기반 개구를 산출하고, 기준 빔폭 조건으로부터 빔폭 기준 개구를 산출한 후 두 값 중 큰 값을 최종 요구 개구로 결정한다. 이후 최종 요구 개구로부터 요구 채널 수, 총 송신 침투 전력, 보어사이트 이득 및 3-dB 빔폭을 순차적으로 산출하고 요구 조건 충족 여부를 검증한다.

2-2 기준 입력 파라미터

표 1은 기준 입력 파라미터를 정리한 것이다. 입력 파라미터는 항공기 및 탄도탄 표적 조건, 레이더/AESA 기준값, 빔폭 기준 및 기준 탐색 영역으로 구성된다.

탐지 성능 조건은 $P_d=0.8$, $P_{fa}=10^{-6}$, swerling 0 및 누적 펄스 수 $N_p=1$ 로 두었다. 수신기 및 구현 관련 기준값은 $NF=5$ dB, $\eta_{ap}=0.65$, $L_{design}=16.8$ dB로 설정하였다.

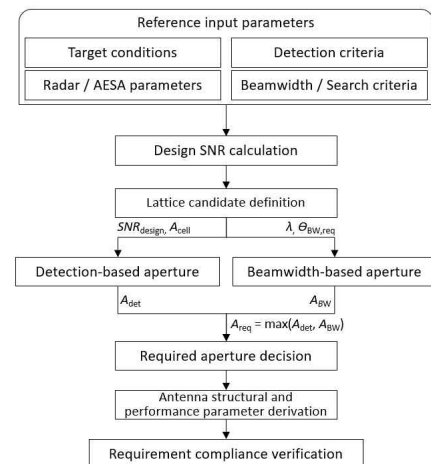


그림 1. AESA 안테나 구조·성능 산출 및 검증 절차
Fig. 1. Framework for AESA antenna structural and performance parameter derivation and verification.

표 1. 기준 입력 파라미터

Table 1. Reference input parameters.

Parameter	Reference value
Aircraft target RCS (σ)	2.0 m ²
Aircraft target detection range (R)	150 km
Ballistic target RCS (σ)	0.3 m ²
Ballistic target detection range (R)	200 km
Center frequency (f_c)	2.8 GHz
Peak Tx power per channel ($P_{TR,peak}$)	150 W/ch
Pulse width (τ_{ref})	250 μ s
Beamwidth ($\theta_{Bw,req}$)	2.5°
Search coverage (Az/El)	$\pm 45^\circ/0^\circ \sim 60^\circ$

여기서 L_{design} 은 기준 조향 조건에서의 이득 저하를 포함하여 레이다 방정식에 일괄 반영한 손실로 정의한다. 3-dB 빔폭 근사 계수는 $K_{BW}=1.10$ 을 사용하였다^[2].

2.3 안테나 구조·성능 파라미터 산출 절차

요구 탐지 확률과 오경보 확률에 따른 설계 기준 SNR은 Albersheim 근사식을 이용하여 다음과 같이 산정한다^[1].

$$SNR_{design} [dB] = -5 \log_{10} N_p + \left(6.2 + \frac{4.54}{\sqrt{N_p + 0.44}} \right) \times \log_{10} (X + 0.12XY + 1.7Y) \quad (1)$$

$$X = \ln \left(\frac{0.62}{P_{fa}} \right) \quad (2)$$

$$Y = \ln \left(\frac{P_d}{1 - P_d} \right) \quad (3)$$

식 (1)~식 (3)에 $P_d=0.8$, $P_{fa}=10^{-6}$, $N_p=1$ 을 적용하면 $SNR_{design}=12.51$ dB를 얻는다. 이후 레이다 방정식 및 탐지 기반 개구 역산에는 SNR_{design} 을 선형값으로 변환하여 적용한다.

중심 주파수 f_c 로부터 $\lambda=c/f_c$ 의 관계를 이용하여 파장 λ 를 산출한다. 여기서 $c=2.998 \times 10^8$ m/s는 진공 중 빛의 속도이다.

탐지 기반 개구 산출에는 격자 후보에 따른 단위셀 면적이 필요하다. 본 연구에서는 사각 격자와 삼각 격자를 후보로 설정하고, 각 격자의 소자 간격을 다음과 같이 정의한다^[4].

$$d_{rect} = 0.5\lambda \quad (4)$$

$$d_{tri} = \frac{\lambda}{\sqrt{3}} \quad (5)$$

이에 따른 격자별 단위셀 면적은 다음과 같다.

$$A_{cell,rect} = d_{rect}^2 \quad (6)$$

$$A_{cell,tri} = \frac{\sqrt{3}}{2} d_{tri}^2 \quad (7)$$

여기서 d_{rect} 와 d_{tri} 는 각각 사각 및 삼각 격자의 소자 간격이며, $A_{cell,rect}$ 와 $A_{cell,tri}$ 는 각 격자의 단위셀 면적이다.

탐지 요구 조건을 개구 면적으로 환산하기 위해 다음의 레이다 방정식을 적용한다^[2].

$$SNR = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2 \sigma \tau_{ref}}{(4\pi)^3 k T_0 F_n L_{design} R^4} \quad (8)$$

여기서 $k=1.380649 \times 10^{-23}$ J/K는 Boltzmann 상수, $T_0=290$ K는 기준 온도이며, $F_n=10^{NF/10}$ 은 잡음 지수의 선형값이다. L_{design} 역시 식 (8) 및 이를 이용한 역산 과정에서는 선형값으로 적용한다.

송수신 동일 개구를 가정하여 $G_t=G_r=G_0$ 로 두고, AESA 안테나의 $A=NA_{cell}$, $P_t=NP_{TR,peak}$ 및 $G_0=\eta_{ap} 4\pi A/\lambda^2$ 관계^[3]를 식 (8)에 적용한다. 이때 A 는 안테나 개구 면적이고, N 은 배열 소자 수이며, 각 배열 소자에 하나의 송수신 채널이 대응하는 것으로 가정한다. $A=NA_{cell}$ 이므로 총 송신 첨두 전력 P_t 는 개구 면적 A 에 비례하고, 송신 및 수신 이득 G_t 와 G_r 역시 각각 A 에 비례한다. 따라서 $P_t G_t G_r$ 를 개구 면적 A 의 함수로 정리하면 A^3 에 비례하는 형태로 나타낼 수 있다. 이를 식 (8)에 대입하고 설계 기준 SNR을 적용하여 A 에 대해 정리

하면, 탐지 요구 조건을 만족하기 위한 탐지 기반 개구 A_{det} 를 다음과 같이 직접 역산할 수 있다.

$$A_{\text{det}} = \left[\frac{4\pi\lambda^2 k T_0 F_n L_{\text{design}} R^4 \text{SNR}_{\text{design}} A_{\text{cell}}}{P_{\text{TR,peak}} \eta_{\text{ap}}^2 \sigma \tau_{\text{ref}}} \right]^{1/3} \quad (9)$$

식 (9)에서 R 과 σ 에는 표 1의 각 표적 조건을 적용하고, A_{cell} 에는 식 (6) 또는 식 (7)의 격자별 단위셀 면적을 적용하여 표적 및 격자 조건별 탐지 기반 개구를 산출한다.

한편 정방형 등가 개구를 가정할 때, 기준 빔폭 조건을 만족하기 위한 최소 등가 개구를 빔폭 기준 개구 A_{BW} 로 정의하며 다음과 같이 산출한다^[3].

$$A_{\text{BW}} = \left(\frac{K_{\text{BW}} \lambda}{\theta_{\text{BW,req}}} \right)^2 \quad (10)$$

여기서 K_{BW} 는 3-dB 빔폭 근사 계수이며, $\theta_{\text{BW,req}}$ 는 식 (10)에 radian 단위로 적용한다.

탐지 요구와 빔폭 요구로부터 각각 산출된 두 개구를 동일한 개구 면적 기준에서 비교하고, 더 큰 값을 최종 요구 개구 A_{req} 로 다음과 같이 결정한다.

$$A_{\text{req}} = \max(A_{\text{det}}, A_{\text{BW}}) \quad (11)$$

최종 요구 개구가 결정되면 해당 개구를 구현하기 위한 요구 채널 수 N_{req} 를 다음과 같이 산출한다.

$$N_{\text{req}} = \left\lceil \frac{A_{\text{req}}}{A_{\text{cell}}} \right\rceil \quad (12)$$

산출된 요구 채널 수와 최종 요구 개구를 이용하여 총 송신 첨두 전력과 보어사이트 이득을 산출하고, 정방형 등가 개구의 한 변 길이를 $\sqrt{A_{\text{req}}}$ 로 두어 3-dB 빔폭을 다음과 같이 산출한다^[3].

$$P_t = N_{\text{req}} P_{\text{TR,peak}} \quad (13)$$

$$G_0 = \eta_{\text{ap}} \frac{4\pi A_{\text{req}}}{\lambda^2} \quad (14)$$

$$\theta_{\text{3dB}} = K_{\text{BW}} \frac{\lambda}{\sqrt{A_{\text{req}}}} \quad (15)$$

산출된 이득은 dBi, 빔폭은 degree 단위로 환산하여 제시한다.

마지막으로 산출된 AESA 안테나 구조·성능 파라미터가 탐지 성능, 빔폭 및 grating lobe 미발생 조건을 만족하는지 검증한다. 기준 탐색 영역의 보어사이트 기준 최대 빔 조향각을 $\theta_{\text{s,max}}$ 라 할 때, 사각 및 삼각 격자에서 grating lobe가 발생하지 않는 최대 소자 간격은 다음과 같다^{[4],[5]}.

$$d_{\text{rect,max}} = \frac{\lambda}{1 + \sin \theta_{\text{s,max}}} \quad (16)$$

$$d_{\text{tri,max}} = \frac{2\lambda}{\sqrt{3}(1 + \sin \theta_{\text{s,max}})} \quad (17)$$

본 연구에서는 기준 탐색 영역의 보어사이트 기준 최대 빔 조향각으로 $\theta_{\text{s,max}} = 52.24^\circ$ 를 적용한다. 식 (13)에서 산출한 P_t 와 식 (14)에서 산출한 G_0 를 식 (8)에 적용하여, 최대 빔 조향각 조건에서의 $\text{SNR}_{\text{ach,edge}}$ 을 산출한다. 또한 식 (15)에서 산출한 3-dB 빔폭 θ_{3dB} 을 기준 빔폭 $\theta_{\text{BW,req}}$ 과 비교하고, 식 (4) 및 식 (5)의 적용 소자 간격을 식 (16) 및 식 (17)에서 산출한 최대 소자 간격과 비교한다. 각 요구 조건의 검증 기준은 다음과 같다.

$$\text{SNR}_{\text{ach,edge}} \geq \text{SNR}_{\text{design}} \quad (18)$$

$$\theta_{\text{3dB}} \leq \theta_{\text{BW,req}} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} d_{\text{rect}} &\leq d_{\text{rect,max}}, \\ d_{\text{tri}} &\leq d_{\text{tri,max}} \end{aligned} \quad (20)$$

III. 기준 시나리오 적용 결과 및 검증

3-1 기준 시나리오의 요구 개구 산출 및 결정

표 1의 기준 시나리오에 따른 요구 개구 산출 결과는 표 2와 같다.

표 2에서 항공기 조건에서는 사각 및 삼각 격자 모두 $A_{\text{det}} < A_{\text{BW}}$ 이므로 빔폭 요구가 최종 요구 개구를 결정하며, 탄도탄 조건에서는 두 격자 모두 $A_{\text{det}} > A_{\text{BW}}$ 이므로 탐지 요구가 최종 요구 개구를 결정한다.

표 2. 표적 및 격자 조건별 요구 개구 산출 결과

Table 2. Required aperture sizing results for target and lattice conditions.

Category	Lattice	A_{det} (m ²)	A_{BW} (m ²)	A_{req} (m ²)	Aperture decision criterion
Aircraft	Rect.	4.15	7.29	7.29	Beamwidth
	Tri.	4.35	7.29	7.29	Beamwidth
Ballistic	Rect.	11.45	7.29	11.45	Detection
	Tri.	12.01	7.29	12.01	Detection

3-2 표적 조건에 따른 요구 개구 결정 결과 분석

항공기와 탄도탄 조건에서 최종 요구 개구를 결정하는 요구 조건이 다르게 나타나는 원인은 탐지 기반 개구와 빔폭 기준 개구가 표적 조건에 따라 서로 다르게 변화하기 때문이다.

식 (9)에서 동일한 레이더/AESA 설계 조건과 동일한 격자 후보를 적용하면 탐지 기반 개구와 요구 탐지거리 및 표적 RCS 사이에는 다음의 관계가 성립한다.

$$A_{\text{det}} \propto \left(\frac{R^4}{\sigma} \right)^{1/3} \quad (21)$$

반면 빔폭 기준 개구는 식 (10)과 같이 중심 주파수와 빔폭 조건으로 결정되므로 기준 시나리오에서는 표적 RCS 및 요구 탐지거리와 관계없이 7.29 m²로 일정하다. 따라서 최종 요구 개구를 결정하는 기준은 표적 간 탐지 기반 개구의 증가 비율 자체가 아니라, 각 표적 조건에서 탐지 기반 개구와 빔폭 기준 개구 중 어느 값이 더 큰지에 따라 결정된다.

기준 시나리오에서 탄도탄 조건의 R^4/σ 는 항공기 조건에 비해 약 21.07배 크며, 식 (21)에 따라 탐지 기반 개구는 약 $21.07^{1/3} \approx 2.76$ 배 증가한다. 표 2의 사각 및 삼각 격자에서도 이러한 증가 경향을 확인할 수 있다.

따라서 항공기 조건에서는 탐지 기반 개구가 빔폭 기준 개구보다 작아 빔폭 요구가 최종 요구 개구를 결정하는 반면, 탄도탄 조건에서는 증가된 탐지 기반 개구가 빔폭 기준 개구를 초과하여 탐지 요구가 최종 요구 개구를 결정한다. 즉, 표적 조건에 따른 탐지 기반 개구의 변화로 두 요구 개구의 크기 관계가 전환되면서 최종 요구 개구

의 결정 기준도 달라진다.

3-3 AESA 안테나 구조·성능 파라미터 산출 결과

표 2에 제시된 최종 요구 개구를 바탕으로 산출한 표적 및 격자 조건별 요구 채널 수, 총 송신 침투 전력, 보어사이트 이득 및 3-dB 빔폭은 표 3과 같다.

항공기 조건에서는 두 격자의 최종 요구 개구가 동일하므로 보어사이트 이득과 3-dB 빔폭은 동일하며, 격자별 단위셀 면적의 차이에 따라 요구 채널 수와 총 송신 침투 전력에 차이가 나타난다. 반면 탄도탄 조건에서는 탐지 기반 개구가 최종 요구 개구를 결정하므로 격자별 단위셀 면적의 차이가 요구 개구에도 반영되어 채널 수와 송신 침투 전력뿐 아니라 이득과 빔폭에서도 차이가 나타난다. 삼각 격자는 사각 격자보다 단위셀 면적이 크므로 동일하거나 유사한 요구 개구에서 요구 채널 수와 총 송신 침투 전력이 상대적으로 작게 산출된다.

3-4 요구 조건 충족성 검증

산출된 AESA 안테나 구조·성능 파라미터에 대하여 $\text{SNR}_{\text{ach, edge}}$, 3-dB 빔폭 및 적용 소자 간격을 각각의 검증 기준과 비교하였으며, 그 결과는 표 4와 같다.

항공기 조건에서는 빔폭 기준 개구가 최종 요구 개구를 결정하므로 3-dB 빔폭이 해당 설계 기준값과 동일한 수준으로 산출되는 반면, 산출 SNR은 설계 기준을 상회한다. 탄도탄 조건에서는 탐지 기반 개구가 최종 요구 개구를 결정하므로 산출 SNR이 해당 설계 기준값과 동일한 수준으로 산출되는 반면, 3-dB 빔폭은 설계 기준보다 작

표 3. AESA 안테나 구조·성능 파라미터 산출 결과

Table 3. AESA antenna structural and performance parameter results.

Category	Lattice	N_{req} (EA)	P_t (kW)	G_0 (dBi)	$\theta_{3\text{ dB}}$ (°)
Aircraft	Rect.	2,543	381	37.15	2.50
	Tri.	2,202	330	37.15	2.50
Ballistic	Rect.	3,996	599	39.12	1.99
	Tri.	3,631	545	39.32	1.95

표 4. 요구 조건 충족성 검증 결과

Table 4. Requirement compliance verification results.

Verification item	Requirement	Aircraft target		Ballistic target	
		Rect.	Tri.	Rect.	Tri.
Calculated SNR (dB)	≥ 12.51	19.86	19.23	12.51	12.51
3-dB beamwidth ($^{\circ}$)	≤ 2.50	2.50	2.50	1.99	1.95
Element spacing (λ)	≤ 0.559 (Rect.) ≤ 0.645 (Tri.)	0.500	0.577	0.500	0.577
Verification result		Pass	Pass	Pass	Pass

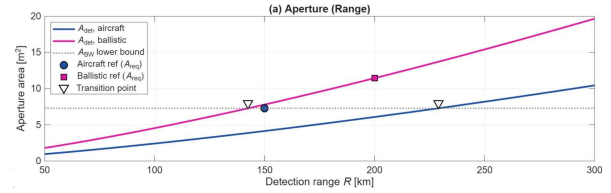
게 산출된다. 또한 사각 및 삼각 격자의 적용 간격은 각 격자의 최대 소자 간격보다 작으므로 모든 표적·격자 조합이 *grating lobe* 미발생 조건을 충족한다.

3-5 표적 특성 변화에 따른 구조 산출 경향

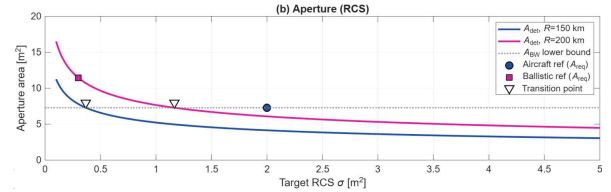
그림 2는 기준 시나리오를 중심으로 요구 탐지거리와 표적 RCS의 변화가 요구 개구 및 요구 채널 수에 미치는 영향을 나타낸다. 그림 2(a) 및 그림 2(b)에 표시된 전환점 (transition point)은 탐지 기반 개구 A_{det} 와 빙폭 기준 개구 A_{BW} 가 같아지는 조건을 의미한다. 전환점을 기준으로 $A_{\text{det}} < A_{\text{BW}}$ 인 영역에서는 $A_{\text{req}} = A_{\text{BW}}$ 로 유지되며, $A_{\text{det}} > A_{\text{BW}}$ 인 영역에서는 $A_{\text{req}} = A_{\text{det}}$ 가 된다.

그림 2(a)에서는 요구 탐지거리가 증가할수록 식 (21)의 관계에 따라 탐지 기반 개구가 증가한다. 탐지 기반 개구가 빙폭 기준 개구보다 작은 영역에서는 최종 요구 개구가 일정하게 유지되며, 전환점을 지난 이후에는 탐지 기반 개구가 빙폭 기준 개구를 초과하면서 탐지 요구가 최종 요구 개구를 결정한다. 따라서 항공기와 탄도탄의 기준 조건에서 서로 다른 요구 조건이 최종 요구 개구를 결정하는 결과를 확인할 수 있다.

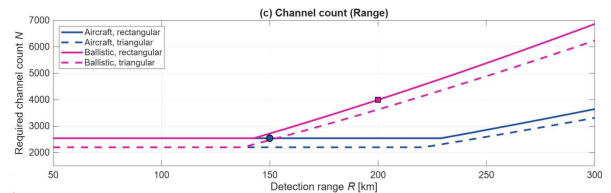
그림 2(b)에서는 표적 RCS가 감소할수록 식 (21)의 관계에 따라 탐지 기반 개구가 증가한다. 탐지 기반 개구와 빙폭 기준 개구가 같아지는 전환점을 경계로 최종 요구 개구의 결정 기준이 빙폭 요구에서 탐지 요구로 전환되



(a) 탐지거리에 따른 개구 산출
(a) Aperture sizing versus detection range



(b) RCS에 따른 개구 산출
(b) Aperture sizing versus target RCS



(c) 탐지거리에 따른 요구 채널 수
(c) Required channel count versus detection range

그림 2. 구조 산출 경향

Fig. 2. Structural output trends.

며, 표적 RCS의 변화에 따라서도 최종 요구 개구를 결정하는 요구 조건이 달라질 수 있음을 확인할 수 있다.

그림 2(c)에서는 빙폭 요구가 최종 요구 개구를 결정하는 영역에서 요구 채널 수가 일정하게 유지되는 반면, 탐지 요구가 최종 요구 개구를 결정하는 영역에서는 요구 탐지거리 증가에 따라 요구 채널 수도 증가한다. 또한 삼각 격자는 사각 격자보다 단위셀 면적이 크므로 동일하거나 유사한 요구 개구에서 요구 채널 수가 상대적으로 작게 산출된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 표적 특성과 레이더/AESA 설계 파라미터로부터 교전용 다기능레이더 AESA 안테나의 요구 개구와 구조·성능 파라미터를 산출하고 요구 조건 충족 여부를 검증하는 프레임워크를 제안하였다. 탐지 요구와 빙

폭 요구를 각각 개구 면적으로 환산하여 동일한 개구 면적 기준에서 비교함으로써 최종 요구 개구를 결정하는 요구 조건을 식별하고, 결정된 개구로부터 요구 채널 수, 총 송신 첨두 전력, 보어사이트 이득 및 3-dB 빔폭을 순차적으로 산출하였다.

기준 시나리오 적용 결과, 항공기 조건에서는 탐지 기반 개구가 빔폭 기준 개구보다 작아 빔폭 요구가 최종 요구 개구를 결정한 반면, 탄도탄 조건에서는 탐지 기반 개구가 빔폭 기준 개구를 초과하여 탐지 요구가 최종 요구 개구를 결정하였다. 이는 요구 탐지거리와 표적 RCS의 차이에 따라 탐지 기반 개구가 변화하고, 그 결과 빔폭 기준 개구와의 비교 결과가 달라졌기 때문이다.

또한 산출 SNR, 3-dB 빔폭 및 소자 간격을 각각의 설계 기준과 비교한 결과 네 가지 표적·격자 조합이 모두 설정된 요구 조건을 충족하였다.

References

- [1] W. J. Alberhseim, "A closed-form approximation to Robertson's detection characteristics," *Proceedings of the IEEE*, vol. 69, no. 7, p. 839, Jul. 1981.
- [2] D. K. Barton, *Radar Equations for Modern Radar*, Norwood, MA, Artech House, 2013.

- [3] R. J. Mailloux, *Phased Array Antenna Handbook*, 3rd ed. Norwood, MA, Artech House, 2018.
- [4] A. K. Bhattacharyya, *Phased Array Antennas: Floquet Analysis, Synthesis, BFNs and Active Array Systems*, Hoboken, NJ, Wiley-Interscience, 2006.
- [5] S. R. Zinka, I. B. Jeong, J. H. Chun, and J. P. Kim, "A novel geometrical technique for determining optimal array antenna lattice configuration," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 58, no. 2, pp. 404-412, Feb. 2010.
- [6] S. H. Park, I. S. Choi, S. J. Lee, S. J. Lee, and J. H. Jin, "A study on the system design for intelligent automotive radar," *The Journal of Korea Institute of Information Technology*, vol. 10, no. 2, pp. 62-69, Feb. 2012.
- [7] S. M. Chon, H. G. Na, S. B. Kim, J. W. Lee, D. Y. Kim, S. J. Kim, C. S. Ahn, and C. H. Lee, "Development of planar active array antenna system for radar," *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 20, no. 12, pp. 1340-1350, Dec. 2009.
- [8] J. Lee, E. J. Choi, H. W. Moon, J. Park, S. Cho, and J. H. Park, et al., "Design of L-band-phased array radar system for space situational awareness," *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 29, no. 3, pp. 214-224, Mar. 2018.

이 거 연 [한화시스템/전문연구원]

<https://orcid.org/0009-0004-0452-5426>



2015년 2월: 동국대학교 전기공학과 (공학사)
 2015년 3월~현재: 한화시스템 레이더연
 구소 전문연구원
 2025년 3월~현재: 성균관대학교 전자전
 기컴퓨터공학과 석사과정
 [주 관심분야] 다기능레이다 시스템 설계,
 AESA 안테나 시스템 설계, 레이더 시스템 엔지니어링, 레이
 다 성능 분석 및 검증 등

황 금 철 [성균관대학교/교수]

<https://orcid.org/0000-0002-8074-1137>



2001년 2월: 부산대학교 전자공학과 (공학
 사)
 2003년 2월: 한국과학기술원 전기및전자
 공학과 (공학석사)
 2006년 2월: 한국과학기술원 전기및전자
 공학과 (공학박사)
 2006년 1월~2008년 7월: 삼성탈레스 기
 술연구소 책임연구원
 2015년 3월~2018년 8월: 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학부
 부교수
 2018년 9월~현재: 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수
 [주 관심분야] 전자파 복사 및 산란 해석, 안테나, 최적화 알고리즘 등