

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 7/40 (2006.01) *G01S 13/02* (2006.01)
G06F 30/20 (2020.01) *H01Q 1/46* (2006.01)
H01Q 21/06 (2018.01)

(52) CPC특허분류
G01S 7/4004 (2021.01)
G06F 30/20 (2020.01)

(21) 출원번호 10-2021-0016360

(22) 출원일자 2021년02월04일
 심사청구일자 2021년02월04일

(71) 출원인
 엘아이지텍스원 주식회사
 경기도 용인시 기흥구 마북로 207 (마북동)
 울산과학기술원
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자
 변강일
 부산광역시 해운대구 센텀중앙로 145 센텀파크1차
 아파트 109-2406
 유태호
 울산광역시 울주군 유니스트길 50 106동 504-2호
 (뒷면에 계속)

(74) 대리인
 진경석

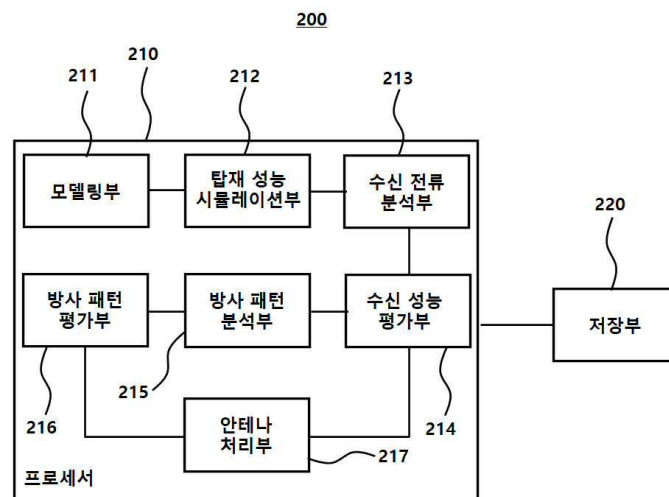
전체 청구항 수 : 총 31 항

- (54) 발명의 명칭 레이더 성능 평가 시스템 및 레이더 성능 평가 방법

(57) 요약

레이더의 성능을 평가하는 레이더 성능 평가 시스템 및 레이더 성능 평가 방법이 개시될 수 있다. 일 실시예에 따른 레이더 성능 평가 시스템은 레이더의 배열 안테나 및 탑재 구조체를 모델링하고, 모델링된 배열 안테나 및 탑재 구조체에 기초하여, 탑재 구조체의 탑재 성능을 시뮬레이션하고, 시뮬레이션에 기초하여 신호 방향별 안테나 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석하고, 분석된 진폭 및 위상에 기초하여 수신 성능의 왜곡을 결정하고, 배열 안테나의 방사 패턴을 도출하고, 도출된 방사 패턴에 기초하여 방사 패턴의 왜곡을 결정하고, 수신 성능의 왜곡 및 방사 패턴의 왜곡에 기초하여 배열 안테나를 재배치시키기 위한 안테나 재배치 정보를 생성하는 프로세서; 및 안테나 수신 전류의 진폭 및 위상, 도출된 방사 패턴 및 안테나 재배치 정보를 저장하는 저장부를 포함할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01Q 1/46 (2018.05)

H01Q 21/06 (2018.05)

G01S 2013/0245 (2013.01)

(72) 발명자

이행수

경기도 성남시 분당구 판교로 333 LIG 넥스원(주)

박준현

경기도 성남시 분당구 판교로 333 LIG 넥스원(주)

김상현

경기도 성남시 분당구 판교로 333 LIG 넥스원(주)

명세서

청구범위

청구항 1

레이더 성능 평가 시스템으로서,

레이더의 배열 안테나 및 탑재 구조체를 모델링하고, 모델링된 상기 배열 안테나 및 상기 탑재 구조체에 기초하여, 상기 탑재 구조체의 탑재 성능을 시뮬레이션하고, 상기 시뮬레이션에 기초하여 신호 방향별 안테나 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석하고, 상기 분석된 진폭 및 위상에 기초하여 수신 성능의 왜곡을 결정하고, 상기 배열 안테나의 방사 패턴을 도출하고, 상기 도출된 방사 패턴에 기초하여 방사 패턴의 왜곡을 결정하고, 상기 수신 성능의 왜곡 및 상기 방사 패턴의 왜곡에 기초하여 상기 배열 안테나를 재배치시키기 위한 안테나 재배치 정보를 생성하는 프로세서; 및

상기 안테나 수신 전류의 진폭 및 위상, 상기 도출된 방사 패턴 및 상기 안테나 재배치 정보를 저장하는 저장부를 포함하는 레이더 성능 평가 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 프로세서는

상기 배열 안테나 및 상기 탑재 구조체의 간소화 모델링을 수행하는 모델링부;

상기 간소화 모델링된 탑재 구조체의 입사 신호를 평면파로 모델링하여 상기 탑재 구조체의 탑재 성능을 시뮬레이션하는 탑재 성능 시뮬레이션부;

수신 커버리지 내에서 상기 평면파의 방향을 조절하면서 상기 수신 전류를 분석하여 상기 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석하는 수신 전류 분석부;

상기 수신 전류의 진폭 및 위상에 기초하여 상기 수신 성능의 왜곡을 도출하는 수신 성능 평가부;

상기 탑재 구조체의 유무에 따른 상기 배열 안테나의 방사 패턴을 도출하는 방사 패턴 도출부;

상기 도출된 방사 패턴에 기초하여 상기 방사 패턴의 왜곡을 도출하는 방사 패턴 평가부; 및

상기 수신 전류의 왜곡 또는 상기 방사 패턴의 왜곡 중 적어도 하나에 기초하여 안테나를 재배치시키기 위한 상기 안테나 재배치 정보를 생성하는 안테나 처리부

를 포함하는 레이더 성능 평가 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 모델링부는 상기 탑재 구조체에 탑재되는 상기 배열 안테나의 EM(Electro Magnetic) 모델링을 수행하는 레이더 성능 평가 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 모델링부는 상기 레이더가 전방위각 커버리지를 하는 탐지 레이더의 경우, 복수의 안테나 소자를 등간격으로 배치하고 상기 복수의 안테나 소자 각각을 사전 설정된 방위각을 커버하도록 모델링하는 레이더 성능 평가 시스템.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 모델링부는 상기 레이더가 전방을 응시하는 추적 레이더의 경우, 지향성을 갖는 마이크로 스트립 패치 안테나로 설계하고 등간격 평면 배치를 갖도록 모델링하는 레이더 성능 평가 시스템.

청구항 6

제2항에 있어서, 상기 모델링부는 해석에 포함되는 상기 탑재 구조체를 간소화 모델링하는 레이더 성능 평가 시

스텝.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 모델링부는 해석 시간 및 해석 메모리를 최소화하면서 동일한 전파 산란, 차폐, 커플링 현상을 유지하도록 상기 탑재 구조체의 간소화 모델링을 수행하는 레이더 성능 평가 시스템.

청구항 8

제2항에 있어서, 상기 수신 전류 분석부는 상기 레이더가 전방위각 방향을 커버하는 탐지 레이더의 경우, 상기 탐지 레이더의 각 안테나 소자가 커버하는 영역을 소정의 섹터(sector)로 나누어 상기 수신 전류를 분석하는 레이더 성능 평가 시스템.

청구항 9

제2항에 있어서, 상기 수신 전류 분석부는 상기 레이더가 전방을 주시하는 추적 레이더이고 상기 추적 레이더가 좌우 대칭으로 배열되는 경우, 수평 방향 배열 안테나 소자의 개수의 절반에 해당하는 안테나 소자에 대해 상기 수신 전류를 분석하는 레이더 성능 평가 시스템.

청구항 10

제2항에 있어서, 상기 수신 성능 평가부는 상기 탑재 구조체의 유무에 따른 상기 배열 안테나의 각 안테나 소자의 수신 전류 및 패턴에 기초하여 수신 성능의 왜곡을 도출하는 레이더 성능 평가 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 수신 성능 평가부는

상기 탑재 구조체가 포함되지 않을 때, 상기 배열 안테나의 각 안테나 소자의 제1 복소 인가전류를 산출하고,

상기 탑재 구조체가 포함된 시뮬레이션을 통해 왜곡된 제2 복소 인가 전류를 산출하고,

상기 제1 복소 인가 전류 및 상기 제2 복소 인가 전류에 기초하여 상기 수신 성능의 왜곡을 도출하는 레이더 성능 평가 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 수신 성능 평가부는

(수학식 1)

$$Metric1 = \frac{1}{N_{\theta}} \sum_{i=1}^{N_{\theta}} \Delta I_{M,P}(\theta_i)$$

$$\Delta I_M = |I_{array.M} - I_{distored.M}|$$

$$\Delta I_P = |I_{array.P} - I_{distored.P}|$$

상기 수학식 1의 제1 평가 지표를 이용하여 상기 수신 성능의 왜곡을 도출하고, 상기 수학식 1에 있어서, Metric1은 상기 수신 성능의 왜곡을 나타내고, N은 안테나 소자의 개수를 나타내고, $\Delta I_{M,P}$ 는 제1 복소 인가 전류($I_{array.M,P}$)와 제2 복소 인가 전류($I_{distored.M,P}$)의 차이를 나타내고, ΔI_M 는 상기 제1 복소 인가 전류의 진폭($I_{array.M}$)과 상기 제2 복소 인가 전류의 진폭($I_{distored.M}$)의 차이의 절대값을 나타내고, ΔI_P 는 상기 제1 복소 인가 전류의 위상($I_{array.P}$)과 상기 제2 복소 인가 전류의 위상($I_{distored.P}$)의 차이의 절대값을 나타내는 레이더 성능 평가 시스템.

청구항 13

제2항에 있어서, 상기 방사 패턴 분석부는

상기 탑재 구조체가 없는 상기 배열 안테나의 3차원 방사 패턴을 제1 방사 패턴으로서 도출하고,

상기 탑재 구조체가 포함된 상기 배열 안테나의 3차원 방사 패턴을 제2 방사 패턴으로서 도출하는 레이더 성능 평가 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 방사 패턴 평가부는 상기 제1 방사 패턴 및 상기 제2 방사 패턴에 기초하여 상기 방사 패턴의 왜곡을 도출하는 레이더 성능 평가 시스템.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 방사 패턴 평가부는

(수학식 2)

$$Metric2 = \sqrt{\frac{1}{N_0} \frac{1}{N_p} \sum_{j=1}^{N_0} \sum_{i=1}^{N_p} |G_{array.M,P}(\theta_j, \varphi_i) - G_{distored.M,P}(\theta_j, \varphi_i)|^2}$$

상기 수학식 2를 이용하여 상기 방사 패턴의 왜곡을 도출하고, Metric2는 상기 방사 패턴의 왜곡을 나타내고, $G_{array.M,P}$ 는 상기 제1 방사 패턴을 나타내고, $G_{distored.M,P}$ 는 상기 제2 방사 패턴을 나타내는 레이더 성능 평가 시스템.

청구항 16

레이더 성능 평가 방법으로서,

레이더 성능 평가 시스템의 프로세서에서, 레이더의 배열 안테나 및 탑재 구조체를 모델링하는 단계;

상기 프로세서에서, 모델링된 상기 배열 안테나 및 상기 탑재 구조체에 기초하여, 상기 탑재 구조체의 탑재 성능을 시뮬레이션하는 단계;

상기 프로세서에서, 상기 시뮬레이션에 기초하여 신호 방향별 안테나 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석하는 단계;

상기 프로세서에서, 상기 분석된 진폭 및 위상에 기초하여 수신 성능의 왜곡을 결정하는 단계;

상기 프로세서에서, 상기 배열 안테나의 방사 패턴을 도출하는 단계;

상기 프로세서에서, 상기 도출된 방사 패턴에 기초하여 방사 패턴의 왜곡을 결정하는 단계; 및

상기 프로세서에서, 상기 수신 성능의 왜곡 및 상기 방사 패턴의 왜곡에 기초하여 상기 배열 안테나를 재배치하기 위한 안테나 재배치 정보를 생성하는 단계

를 포함하는 레이더 성능 평가 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 레이더의 배열 안테나 및 탑재 구조체를 모델링하는 단계는

상기 배열 안테나 및 상기 탑재 구조체의 간소화 모델링을 수행하는 단계

를 포함하는 레이더 성능 평가 방법.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 배열 안테나 및 상기 탑재 구조체의 간소화 모델링을 수행하는 단계는

상기 탑재 구조체에 탑재되는 상기 배열 안테나의 EM 모델링을 수행하는 단계; 및

해석 시간 및 해석 메모리를 최소화하면서 동일한 전파 산란, 차폐, 커플링 현상을 유지하도록 상기 탑재 구조체의 간소화 모델링을 수행하는 단계

를 포함하는 레이더 성능 평가 방법.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 탑재 구조체에 탑재되는 상기 배열 안테나의 EM 모델링을 수행하는 단계는
상기 레이더가 전방위각 커버리지를 하는 탐지 레이더의 경우, 복수의 안테나 소자를 등간격으로 배치하고 상기 복수의 안테나 소자 각각을 사전 설정된 방위각을 커버하도록 모델링하는 단계
를 포함하는 레이더 성능 평가 방법.

청구항 20

제18항에 있어서, 상기 탑재 구조체에 탑재되는 상기 배열 안테나의 EM 모델링을 수행하는 단계는
상기 레이더가 전방을 응시하는 추적 레이더의 경우, 지향성을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나로 설계하고 등간격 평면 배치를 갖도록 모델링하는 단계
를 포함하는 레이더 성능 평가 방법.

청구항 21

제16항에 있어서, 상기 탑재 구조체의 탑재 성능을 시뮬레이션하는 단계는
간소화 모델링된 상기 탑재 구조체의 입사 신호를 평면파로 모델링하여 상기 탑재 구조체의 탑재 성능을 시뮬레이션하는 단계
를 포함하는 레이더 성능 평가 방법.

청구항 22

제21항에 있어서, 상기 시뮬레이션에 기초하여 신호 방향별 안테나 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석하는 단계는
수신 커버리지 내에서 상기 평면파의 방향을 조절하면서 상기 수신 전류를 분석하여 상기 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석하는 단계
를 포함하는 레이더 성능 평가 방법.

청구항 23

제22항에 있어서, 상기 수신 전류를 분석하여 상기 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석하는 단계는
상기 레이더가 전방위각 방향을 커버하는 탐지 레이더의 경우, 상기 탐지 레이더의 각 안테나 소자가 커버하는 영역을 소정의 섹터로 나누어 상기 수신 전류를 분석하는 단계
를 포함하는 레이더 성능 평가 방법.

청구항 24

제22항에 있어서, 상기 수신 전류를 분석하여 상기 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석하는 단계는
상기 레이더가 전방을 주시하는 추적 레이더이고 상기 추적 레이더가 좌우 대칭으로 배열되는 경우, 수평 방향 배열 안테나 소자의 개수의 절반에 해당하는 안테나 소자에 대해 상기 수신 전류를 분석하는 단계
를 포함하는 레이더 성능 평가 방법.

청구항 25

제16항에 있어서, 상기 분석된 진폭 및 위상에 기초하여 수신 성능의 왜곡을 결정하는 단계는
상기 수신 전류의 진폭 및 위상에 기초하여 상기 수신 성능의 왜곡을 도출하는 단계
를 포함하는 레이더 성능 평가 방법.

청구항 26

제25항에 있어서, 상기 수신 전류의 진폭 및 위상에 기초하여 상기 수신 성능의 왜곡을 도출하는 단계는
상기 탑재 구조체가 포함되지 않을 때, 상기 배열 안테나의 각 안테나 소자의 제1 복소 인가전류를 산출하는 단계;
상기 탑재 구조체가 포함된 시뮬레이션을 통해 왜곡된 제2 복소 인가 전류를 산출하는 단계; 및
상기 제1 복소 인가 전류 및 상기 제2 복소 인가 전류에 기초하여 상기 수신 성능의 왜곡을 도출하는 단계를 포함하는 레이더 성능 평가 방법.

청구항 27

제26항에 있어서, 상기 제1 복소 인가 전류 및 상기 제2 복소 인가 전류에 기초하여 상기 수신 성능의 왜곡을 도출하는 단계는

(수학식 3)

$$Metric1 = \frac{1}{N_\theta} \sum_{i=1}^{N_\theta} \Delta I_{M,P}(\theta_i)$$

$$\Delta I_M = |I_{array.M} - I_{distored.M}|$$

$$\Delta I_P = |I_{array.P} - I_{distored.P}|$$

상기 수학식 3의 제1 평가 지표를 이용하여 상기 수신 성능의 왜곡을 도출하는 단계를 포함하고,

상기 수학식 3에 있어서, Metric1은 상기 수신 성능의 왜곡을 나타내고, N은 안테나 소자의 개수를 나타내고, $\Delta I_{M,P}$ 는 제1 복소 인가 전류($I_{array.M,P}$)와 제2 복소 인가 전류($I_{distored.M,P}$)의 차이를 나타내고, ΔI_M 는 상기 제1 복소 인가 전류의 진폭($I_{array.M}$)과 상기 제2 복소 인가 전류의 진폭($I_{distored.M}$)의 차이의 절대값을 나타내고, ΔI_P 는 상기 제1 복소 인가 전류의 위상($I_{array.P}$)과 상기 제2 복소 인가 전류의 위상($I_{distored.P}$)의 차이의 절대값을 나타내는 레이더 성능 평가 방법.

청구항 28

제16항에 있어서, 상기 배열 안테나의 방사 패턴을 도출하는 단계는

상기 탑재 구조체의 유무에 따른 상기 배열 안테나의 방사 패턴을 도출하는 단계를 포함하는 레이더 성능 평가 방법.

청구항 29

제28항에 있어서, 상기 탑재 구조체의 유무에 따른 상기 배열 안테나의 방사 패턴을 도출하는 단계는

상기 탑재 구조체가 없는 상기 배열 안테나의 3차원 방사 패턴을 제1 방사 패턴으로서 도출하는 단계; 및
상기 탑재 구조체가 포함된 상기 배열 안테나의 3차원 방사 패턴을 제2 방사 패턴으로서 도출하는 단계를 포함하는 레이더 성능 평가 방법.

청구항 30

제29항에 있어서, 상기 도출된 방사 패턴에 기초하여 방사 패턴의 왜곡을 결정하는 단계는

상기 제1 방사 패턴 및 상기 제2 방사 패턴에 기초하여 상기 방사 패턴의 왜곡을 도출하는 단계를 포함하는 레이더 성능 평가 방법.

청구항 31

제30항에 있어서, 상기 제1 방사 패턴 및 상기 제2 방사 패턴에 기초하여 상기 방사 패턴의 왜곡을 도출하는 단계는

(수학식 4)

$$Metric2 = \sqrt{\frac{1}{N_\theta} \frac{1}{N_\phi} \sum_{j=1}^{N_\theta} \sum_{i=1}^{N_\phi} |G_{array.M,P}(\theta_j, \phi_i) - G_{distored.M,P}(\theta_j, \phi_i)|^2}$$

상기 수학식 4를 이용하여 상기 방사 패턴의 왜곡을 도출하는 단계

를 포함하고,

상기 수학식 4에 있어서, Metric2는 상기 방사 패턴의 왜곡을 나타내고, $G_{array.M,P}$ 는 상기 제1 방사 패턴을 나타내고, $G_{array.M,P}$ 는 상기 제2 방사 패턴을 나타내는 레이더 성능 평가 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 레이더의 성능을 평가하는 레이더 성능 평가 시스템 및 레이더 성능 평가 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 근접 방어 시스템(Close-In Weapon System, CIWS)은 구축함 및 호위함에 탑재되며, 해군 함정에 위협이 되는 적 항공기, 대함 유도탄, 소형 수상 함정 및 대형 수상 함정의 위협에 대응하기 위한 근접 방어 무기체계이다. 이러한 근접 방어 시스템은 아음속, 초음속의 적 대함 유도탄의 위협으로부터 함정의 대공 방어 무기로 운용 가능하며, 소형 고속 수상 함정의 근접 위협으로부터 함정의 대함 방어 무기로 운용 가능한 근접 방어 무기체계로, 구축함 및 호위함에 배치되어야 하는 필수적인 요소이다.

[0003] 이러한 근접 방어 시스템은 함정 계층 방어의 최종 방어 수단이기 때문에, 높은 정확도를 갖는 레이더를 이용하여 목표물을 탐지하고, 해당 목표물의 정확한 위치(예를 들어, 거리 및 각도)를 계산하는 것이 매우 중요하다.

[0004] 그러나, 포신과 탑재 구조체(예를 들어, 레이돔, 철제 지지대 등)에 의해 발생하는 물리적 및 전기적인 전자파 차폐(Blockage) 또는 다중경로(Multipath)와 같은 현상들은 레이더 성능(각도 예측 정확도)을 열화시킨다. 이러한 레이더의 성능 열화는 표적의 탐지 및 추적 시에, 표적의 위치 정확도를 저하시켜 표적의 탐지에 문제를 야기하므로 근접 방어 시스템의 효율성이 떨어지는 문제점이 있다.

[0005] 따라서, 근접 방어 시스템의 성능 저하를 최소화하기 위해서는 정확한 성능 저하 요인을 파악해야 하며, 이를 위해서는 전자기적 특성 기반 모델링 및 분석 프로세스를 구축하고 빔 패턴 왜곡을 개선하기 위한 다양한 접근이 시도되어야 한다. 즉, 레이더의 성능 열화를 사전에 예측하고 설계에 반영하기 위해서는 탑재 구조체 및 안테나의 전자기적 특성이 반영된 전파(Full-Wave) 시뮬레이션 기반의 성능 평가가 필수적이다.

[0006] 종래의 레이더 성능 평가 프로세스는 배열 안테나의 빔 조향 패턴을 생성하고 패턴의 진폭 왜곡 정도를 판단하는 방식이다. 그러나, 종래의 프로세스는 개별 소자의 빔 패턴 진폭 변화로 왜곡을 판단하므로 정확한 위상 정보가 요구되는 레이더 배열 안테나 시스템 평가에 한계가 있다. 또한, 위상 왜곡 분석의 한계를 극복하기 위해 표적의 탐지 오차를 최소화하기 위한 다양한 알고리즘 접근법이 제시되어 있으나, 연산 복잡도를 증가시키고, 특정 위상 왜곡 임계값을 초과하는 경우 성능 개선이 미비하므로 효율성이 낮아지는 문제점이 있다. 더욱이, 수백 개 이상의 안테나 소자가 사용되는 레이더 시스템에서는 이러한 분석 효율이 더욱 저하되므로, 연산 복잡도가 낮고 레이더의 진폭 및 위상 왜곡을 정량적으로 평가할 수 있는 더욱 효율적인 배치 적합도 판단 프로세스가 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 레이더(예를 들어, 탐지 레이더, 추적 레이더 등)의 배열 안테나 소자에 인가되는 복소 수신 전류에 기초하여 레이더 성능을 평가하는 레이더 성능 평가 시스템 및 레이더 성능 평가 방법을 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 레이더 성능 평가 방법이 개시될 수 있다. 일 실시예에 따른 레이더 성능 평가 시스템은 레이더의 배열 안테나 및 탑재 구조체를 모델링하고, 모델링된 상기 배열 안테나 및 상기 탑재 구조체에 기초하여, 상기 탑재 구조체의 탑재 성능을 시뮬레이션하고, 상기 시뮬레이션에 기초하여 신호 방향별 안테나 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석하고, 상기 분석된 진폭 및 위상에 기초하여 수신 성능의 왜곡을 결정하고, 상기 배열 안테나의 방사 패턴을 도출하고, 상기 도출된 방사 패턴에 기초하여 방사 패턴의 왜곡을 결정하고, 상기 수신 성능의 왜곡 및 상기 방사 패턴의 왜곡에 기초하여 상기 배열 안테나를 재배치시키기 위한 안테나 재배치 정보를 생성하는 프로세서; 및 상기 안테나 수신 전류의 진폭 및 위상, 상기 도출된 방사 패턴 및 상기 안테나 재배치 정보를 저장하는 저장부를 포함할 수 있다.
- [0009] 일 실시예에 있어서, 상기 프로세서는 상기 배열 안테나 및 상기 탑재 구조체의 간소화 모델링을 수행하는 모델링부; 상기 간소화 모델링된 탑재 구조체의 입사 신호를 평면파로 모델링하여 상기 탑재 구조체의 탑재 성능을 시뮬레이션하는 탑재 성능 시뮬레이션부; 수신 커버리지 내에서 상기 평면파의 방향을 조절하면서 상기 수신 전류를 분석하여 상기 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석하는 수신 전류 분석부; 상기 수신 전류의 진폭 및 위상에 기초하여 상기 수신 성능의 왜곡을 도출하는 수신 성능 평가부; 상기 탑재 구조체의 유무에 따른 상기 배열 안테나의 방사 패턴을 도출하는 방사 패턴 도출부; 상기 도출된 방사 패턴에 기초하여 상기 방사 패턴의 왜곡을 도출하는 방사 패턴 평가부; 및 상기 수신 전류의 왜곡 또는 상기 방사 패턴의 왜곡 중 적어도 하나에 기초하여 안테나를 재배치시키기 위한 상기 안테나 재배치 정보를 생성하는 안테나 처리부를 포함할 수 있다.
- [0010] 일 실시예에 있어서, 상기 모델링부는 상기 탑재 구조체에 탑재되는 상기 배열 안테나의 EM(Electro Magnetic) 모델링을 수행할 수 있다.
- [0011] 일 실시예에 있어서, 상기 모델링부는 상기 레이더가 전방위각 커버리지를 하는 탐지 레이더의 경우, 복수의 안테나 소자를 등간격으로 배치하고 상기 복수의 안테나 소자 각각을 사전 설정된 방위각을 커버하도록 모델링할 수 있다.
- [0012] 일 실시예에 있어서, 상기 모델링부는 상기 레이더가 전방을 응시하는 추적 레이더의 경우, 지향성을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나로 설계하고 등간격 평면 배치를 갖도록 모델링할 수 있다.
- [0013] 일 실시예에 있어서, 상기 모델링부는 해석에 포함되는 상기 탑재 구조체를 간소화 모델링할 수 있다.
- [0014] 일 실시예에 있어서, 상기 모델링부는 해석 시간 및 해석 메모리를 최소화하면서 동일한 전파 산란, 차폐, 커플링 현상을 유지하도록 상기 탑재 구조체의 간소화 모델링을 수행할 수 있다.
- [0015] 일 실시예에 있어서, 상기 수신 전류 분석부는 상기 레이더가 전방위각 방향을 커버하는 탐지 레이더의 경우, 상기 탐지 레이더의 각 안테나 소자가 커버하는 영역을 소정의 섹터(sector)로 나누어 상기 수신 전류를 분석할 수 있다.
- [0016] 일 실시예에 있어서, 상기 수신 전류 분석부는 상기 레이더가 전방을 주시하는 추적 레이더이고 상기 추적 레이더가 좌우 대칭으로 배열되는 경우, 수평 방향 배열 안테나 소자의 개수의 절반에 해당하는 안테나 소자에 대해 상기 수신 전류를 분석할 수 있다.
- [0017] 일 실시예에 있어서, 상기 수신 성능 평가부는 상기 탑재 구조체의 유무에 따른 상기 배열 안테나의 각 안테나 소자의 수신 전류 및 패턴에 기초하여 수신 성능의 왜곡을 도출할 수 있다.
- [0018] 일 실시예에 있어서, 상기 수신 성능 평가부는 상기 탑재 구조체가 포함되지 않을 때, 상기 배열 안테나의 각 안테나 소자의 제1 복소 인가전류를 산출하고, 상기 탑재 구조체가 포함된 시뮬레이션을 통해 왜곡된 제2 복소 인가 전류를 산출하고, 상기 제1 복소 인가 전류 및 상기 제2 복소 인가 전류에 기초하여 상기 수신 성능의 왜곡을 도출할 수 있다.
- [0019] 일 실시예에 있어서, 상기 수신 성능 평가부는
- [0020] (수학식 1)

$$Metric1 = \frac{1}{N_{\theta}} \sum_{i=1}^{N_{\theta}} \Delta I_{M,P}(\theta_i)$$

[0021]

[0022] $\Delta I_M = |I_{array.M} - I_{distored.M}|$

[0023] $\Delta I_P = |I_{array.P} - I_{distored.P}|$

[0024] 상기 수학적 식 1의 제1 평가 지표를 이용하여 상기 수신 성능의 왜곡을 도출하고, 상기 수학적 식 1에 있어서, Metric1은 상기 수신 성능의 왜곡을 나타내고, N은 안테나 소자의 개수를 나타내고, $\Delta I_{M,P}$ 는 제1 복소 인가 전류($I_{array.M,P}$)와 제2 복소 인가 전류($I_{distored.M,P}$)의 차이를 나타내고, ΔI_M 는 상기 제1 복소 인가 전류의 진폭($I_{array.M}$)과 상기 제2 복소 인가 전류의 진폭($I_{distored.M}$)의 차이의 절대값을 나타내고, ΔI_P 는 상기 제1 복소 인가 전류의 위상($I_{array.P}$)과 상기 제2 복소 인가 전류의 위상($I_{distored.P}$)의 차이의 절대값을 나타낼 수 있다.

[0025] 일 실시예에 있어서, 상기 방사 패턴 분석부는 상기 탑재 구조체가 없는 상기 배열 안테나의 3차원 방사 패턴을 제1 방사 패턴으로서 도출하고, 상기 탑재 구조체가 포함된 상기 배열 안테나의 3차원 방사 패턴을 제2 방사 패턴으로서 도출할 수 있다.

[0026] 일 실시예에 있어서, 상기 방사 패턴 평가부는 상기 제1 방사 패턴 및 상기 제2 방사 패턴에 기초하여 상기 방사 패턴의 왜곡을 도출할 수 있다.

[0027] 일 실시예에 있어서, 상기 방사 패턴 평가부는

[0028] (수학적 식 2)

[0029]
$$Metric2 = \sqrt{\frac{1}{N_\theta} \frac{1}{N_\phi} \sum_{j=1}^{N_\theta} \sum_{i=1}^{N_\phi} |G_{array.M,P}(\theta_j, \phi_i) - G_{distored.M,P}(\theta_j, \phi_i)|^2}$$

[0030] 상기 수학적 식 2를 이용하여 상기 방사 패턴의 왜곡을 도출하고, Metric2는 상기 방사 패턴의 왜곡을 나타내고, $G_{array.M,P}$ 는 상기 제1 방사 패턴을 나타내고, $G_{array.M,P}$ 는 상기 제2 방사 패턴을 나타낼 수 있다.

[0031] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 레이더 성능 평가 방법이 개시될 수 있다. 일 실시예에 있어서, 레이더 성능 평가 방법은 레이더 성능 평가 시스템의 프로세서에서, 레이더의 배열 안테나 및 탑재 구조체를 모델링하는 단계; 상기 프로세서에서, 모델링된 상기 배열 안테나 및 상기 탑재 구조체에 기초하여, 상기 탑재 구조체의 탑재 성능을 시뮬레이션하는 단계; 상기 프로세서에서, 상기 시뮬레이션에 기초하여 신호 방향별 안테나 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석하는 단계; 상기 프로세서에서, 상기 분석된 진폭 및 위상에 기초하여 수신 성능의 왜곡을 결정하는 단계; 상기 프로세서에서, 상기 배열 안테나의 방사 패턴을 도출하는 단계; 상기 프로세서에서, 상기 도출된 방사 패턴에 기초하여 방사 패턴의 왜곡을 결정하는 단계; 및 상기 프로세서에서, 상기 수신 성능의 왜곡 및 상기 방사 패턴의 왜곡에 기초하여 상기 배열 안테나를 재배치시키기 위한 안테나 재배치 정보를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0032] 일 실시예에 있어서, 상기 레이더의 배열 안테나 및 탑재 구조체를 모델링하는 단계는 상기 배열 안테나 및 상기 탑재 구조체의 간소화 모델링을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

[0033] 일 실시예에 있어서, 상기 배열 안테나 및 상기 탑재 구조체의 간소화 모델링을 수행하는 단계는 상기 탑재 구조체에 탑재되는 상기 배열 안테나의 EM 모델링을 수행하는 단계; 및 해석 시간 및 해석 메모리를 최소화하면서 동일한 전파 산란, 차폐, 커플링 현상을 유지하도록 상기 탑재 구조체의 간소화 모델링을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

[0034] 일 실시예에 있어서, 상기 탑재 구조체에 탑재되는 상기 배열 안테나의 EM 모델링을 수행하는 단계는 상기 레이더가 전방위각 커버리지를 하는 탐지 레이더의 경우, 복수의 안테나 소자를 등간격으로 배치하고 상기 복수의 안테나 소자 각각을 사전 설정된 방위각을 커버하도록 모델링하는 단계를 포함할 수 있다.

[0035] 일 실시예에 있어서, 상기 탑재 구조체에 탑재되는 상기 배열 안테나의 EM 모델링을 수행하는 단계는 상기 레이더가 전방을 응시하는 추적 레이더의 경우, 지향성을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나로 설계하고 등간격 평면 배치를 갖도록 모델링하는 단계를 포함할 수 있다.

[0036] 일 실시예에 있어서, 상기 탑재 구조체의 탑재 성능을 시뮬레이션하는 단계는 간소화 모델링된 상기 탑재 구조체의 입사 신호를 평면파로 모델링하여 상기 탑재 구조체의 탑재 성능을 시뮬레이션하는 단계를 포함할 수

있다.

[0037] 일 실시예에 있어서, 상기 시뮬레이션에 기초하여 신호 방향별 안테나 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석하는 단계는 수신 커버리지 내에서 상기 평면파의 방향을 조절하면서 상기 수신 전류를 분석하여 상기 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석하는 단계를 포함할 수 있다.

[0038] 일 실시예에 있어서, 상기 수신 전류를 분석하여 상기 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석하는 단계는 상기 레이더가 전방위각 방향을 커버하는 탐지 레이더의 경우, 상기 탐지 레이더의 각 안테나 소자가 커버하는 영역을 소정의 섹터로 나누어 상기 수신 전류를 분석하는 단계를 포함할 수 있다.

[0039] 일 실시예에 있어서, 상기 수신 전류를 분석하여 상기 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석하는 단계는 상기 레이더가 전방을 주시하는 추적 레이더이고 상기 추적 레이더가 좌우 대칭으로 배열되는 경우, 수평 방향 배열 안테나 소자의 개수의 절반에 해당하는 안테나 소자에 대해 상기 수신 전류를 분석하는 단계를 포함할 수 있다.

[0040] 일 실시예에 있어서, 상기 분석된 진폭 및 위상에 기초하여 수신 성능의 왜곡을 결정하는 단계는 상기 수신 전류의 진폭 및 위상에 기초하여 상기 수신 성능의 왜곡을 도출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0041] 일 실시예에 있어서, 상기 수신 전류의 진폭 및 위상에 기초하여 상기 수신 성능의 왜곡을 도출하는 단계는 상기 탑재 구조체가 포함되지 않을 때, 상기 배열 안테나의 각 안테나 소자의 제1 복소 인가전류를 산출하는 단계; 상기 탑재 구조체가 포함된 시뮬레이션을 통해 왜곡된 제2 복소 인가 전류를 산출하는 단계; 및 상기 제1 복소 인가 전류 및 상기 제2 복소 인가 전류에 기초하여 상기 수신 성능의 왜곡을 도출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0042] 일 실시예에 있어서, 상기 제1 복소 인가 전류 및 상기 제2 복소 인가 전류에 기초하여 상기 수신 성능의 왜곡을 도출하는 단계는

[0043] (수학식 3)

$$Metric1 = \frac{1}{N_{\theta}} \sum_{i=1}^{N_{\theta}} \Delta I_{M,P}(\theta_i)$$

$$\Delta I_M = |I_{array.M} - I_{distored.M}|$$

$$\Delta I_P = |I_{array.P} - I_{distored.P}|$$

[0047] 상기 수학식 3의 제1 평가 지표를 이용하여 상기 수신 성능의 왜곡을 도출하는 단계를 포함하고, 상기 수학식 3에 있어서, Metric1은 상기 수신 성능의 왜곡을 나타내고, N은 안테나 소자의 개수를 나타내고, $\Delta I_{M,P}$ 는 제1 복소 인가 전류($I_{array.M,P}$)와 제2 복소 인가 전류($I_{distored.M,P}$)의 차이를 나타내고, ΔI_M 는 상기 제1 복소 인가 전류의 진폭($I_{array.M}$)과 상기 제2 복소 인가 전류의 진폭($I_{distored.M}$)의 차이의 절대값을 나타내고, ΔI_P 는 상기 제1 복소 인가 전류의 위상($I_{array.P}$)과 상기 제2 복소 인가 전류의 위상($I_{distored.P}$)의 차이의 절대값을 나타낼 수 있다.

[0048] 일 실시예에 있어서, 상기 배열 안테나의 방사 패턴을 도출하는 단계는 상기 탑재 구조체의 유무에 따른 상기 배열 안테나의 방사 패턴을 도출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0049] 일 실시예에 있어서, 상기 탑재 구조체의 유무에 따른 상기 배열 안테나의 방사 패턴을 도출하는 단계는 상기 탑재 구조체가 없는 상기 배열 안테나의 3차원 방사 패턴을 제1 방사 패턴으로서 도출하는 단계; 및 상기 탑재 구조체가 포함된 상기 배열 안테나의 3차원 방사 패턴을 제2 방사 패턴으로서 도출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0050] 일 실시예에 있어서, 상기 도출된 방사 패턴에 기초하여 방사 패턴의 왜곡을 결정하는 단계는 상기 제1 방사 패턴 및 상기 제2 방사 패턴에 기초하여 상기 방사 패턴의 왜곡을 도출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0051] 일 실시예에 있어서, 상기 제1 방사 패턴 및 상기 제2 방사 패턴에 기초하여 상기 방사 패턴의 왜곡을 도출하는 단계는

[0052] (수학식 4)

$$Metric2 = \sqrt{\frac{1}{N_{\theta}} \frac{1}{N_{\varphi}} \sum_{j=1}^{N_{\theta}} \sum_{i=1}^{N_{\varphi}} |G_{array.M,P}(\theta_j, \varphi_i) - G_{distored.M,P}(\theta_j, \varphi_i)|^2}$$

[0054] 상기 수학식 4를 이용하여 상기 방사 패턴의 왜곡을 도출하는 단계를 포함하고,

[0055] 상기 수학식 4에 있어서, Metric2는 상기 방사 패턴의 왜곡을 나타내고, $G_{array.M,P}$ 는 상기 제1 방사 패턴을 나타내고, $G_{array.M,P}$ 는 상기 제2 방사 패턴을 나타낼 수 있다.

발명의 효과

[0056] 본 발명의 다양한 실시예에 따르면, 이득 방사 패턴의 진폭 왜곡만을 판단하는 종래의 방식과 차별적으로 평면파에 의해 인가되는 수신 전류의 진폭 및 위상의 분석을 통해 방향에 따른 입사 신호의 왜곡을 판단할 수 있다. 따라서, 왜곡을 야기하는 탑재 구조체를 분석할 수 있으므로, 왜곡의 원인 파악 및 안테나 재배치를 통한 해결책을 제시할 수 있다.

[0057] 또한, 탑재 구조체의 유무에 따른 제1 복소 인가 전류 및 제2 복소 인가 전류를 이용하여 수신 성능의 왜곡을 판단하고, 탑재 구조체의 유무에 따른 제1 방사 패턴 및 제2 방사 패턴을 이용하여 방사 패턴의 왜곡을 판단할 수 있어, 정량적인 성능 왜곡의 적도를 파악할 수 있다.

[0058] 또한, 반사 및 산란이 보다 효과적으로 나타나는 PEC를 이용하여 장애물을 설계하여 최악의 경우(worst case)에서 왜곡을 분석할 수 있으므로, 보다 보수적인 분석 결과를 도출할 수 있으며, 시뮬레이션 시 시간 및 메모리 측면에서도 효율적이다.

[0059] 더욱이, 본 발명의 다양한 실시예에 따르면, 레이더, 방향 탐지 시스템, 빔조향 시스템 등 복수의 안테나로 구성되는 배열 안테나 시스템이 대형 구조체(항공기, 선박, 차량 등)에 탑재될 때 발생할 수 있는 전파 산란, 차폐, 커플링에 의한 성능 열화를 사전에 예측할 수 있으므로, 보다 효율적으로 배열 안테나 시스템의 배치 적합도를 평가할 수 있다. 따라서, 대형 구조체에 탑재되는 배열 안테나 시스템을 포함한 다양한 민수 및 군수 산업 분야로 확장할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0060] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 평면파 기반 수신 전류 분석 모식도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더 성능 평가 시스템을 개략적으로 나타낸 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더 성능 평가 방법을 나타낸 흐름도이다.

도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 탐지 레이더의 배열 안테나의 EM 모델링을 나타낸 예시도이다.

도 4b는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 탐지 레이더의 배열 안테나의 EM 모델링을 나타낸 예시도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 탑재 구조체를 간소화 모델링하는 예를 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 포신의 간소화 모델링 및 메쉬 형상을 나타낸 도면이다.

도 7a는 도 6의 각 케이스의 메쉬 수 및 해석 시간을 나타낸 도면이다.

도 7b는 도 6의 각 케이스의 수신 전류의 진폭 및 위상 예측 오차 변화를 나타낸 도면이다.

도 8a는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 다이폴 배열 안테나 및 커버리지를 나타낸 도면이다.

도 8b는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 마이크로스트립 패치 배열 안테나 및 커버리지를 나타낸 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더의 커버리지 내에 인가되는 평면파의 방향에 따른 수신 전류 분석 시뮬레이션 환경을 나타낸 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 탑재 구조체의 유무에 따른 수신 성능의 왜곡을 나타낸 예시도이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 탑재 구조체에 의한 안테나 패턴 변화를 나타낸 도면이다.

도 12a 및 도 12b는 본 발명의 일 실시예에 따른 8개의 안테나 소자를 포함하는 원형 배열 안테나를 이용하여 수신 전류의 전류의 위상 및 진폭의 변화를 배열 안테나의 탑재 높이에 따라 비교 및 분석한 결과를 나타낸 도면이다.

도 13a는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 탐지 레이더의 수신 전류의 진폭을 나타낸 도면이다.

도 13b는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 탐지 레이더의 수신 전류의 위상을 나타낸 도면이다.

도 14a는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 추적 레이더의 수신 전류의 진폭을 나타낸 도면이다.

도 14b는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 추적 레이더의 수신 전류의 위상을 나타낸 도면이다.

도 15a는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 탐지 레이더의 수신 성능을 분석한 결과를 나타낸 도면으로서, 최외각 안테나의 수신 왜곡을 나타낸 도면이다.

도 15b는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 탐지 레이더의 수신 성능을 분석한 결과를 나타낸 도면으로서, 중앙 안테나의 수신 왜곡을 나타낸 도면이다.

도 16a는 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 추적 레이더의 최외각 배열 안테나의 수신 전류의 진폭을 나타낸 도면이다.

도 16b는 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 추적 레이더의 최외각 배열 안테나의 수신 전류의 위상을 나타낸 도면이다.

도 16c는 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 추적 레이더의 중심 배열 안테나의 수신 전류의 진폭을 나타낸 도면이다.

도 16d는 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 추적 레이더의 중심 배열 안테나의 수신 전류의 위상을 나타낸 도면이다.

도 17a는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 탐지 레이더의 배열 안테나의 탑재 높이에 따른 평균 진폭 및 위상 왜곡의 변화를 나타낸 도면이다.

도 17b는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 추적 레이더의 배열 안테나의 탑재 높이에 따른 평균 진폭 및 위상 왜곡의 변화를 나타낸 도면이다.

도 18은 본 발명의 일 실시예에 따른 배열 안테나의 탑재 높이에 따른 탐지 레이더 및 추적 레이더의 평균 패턴 왜곡 변화를 나타낸 도면이다.

도 19는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 탐지 레이더의 탑재 위치에 따른 빔 조향 패턴 비교를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0061] 본 발명의 실시예들은 본 발명의 기술적 사상을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것이다. 본 발명에 따른 권리 범위가 이하에 제시되는 실시예들이나 이들 실시예들에 대한 구체적 설명으로 한정되는 것은 아니다.

[0062] 본 발명에 사용되는 모든 기술적 용어들 및 과학적 용어들은, 달리 정의되지 않는 한, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 일반적으로 이해되는 의미를 갖는다. 본 발명에 사용되는 모든 용어들은 본 발명을 더욱 명확히 설명하기 위한 목적으로 선택된 것이며 본 발명에 따른 권리범위를 제한하기 위해 선택된 것이 아니다.

[0063] 본 발명에서 사용되는 "포함하는", "구비하는", "갖는" 등과 같은 표현은, 해당 표현이 포함되는 어구 또는 문장에서 달리 언급되지 않는 한, 다른 실시예를 포함할 가능성을 내포하는 개방형 용어(open-ended terms)로 이해되어야 한다.

[0064] 본 발명에서 기술된 단수형의 표현은 달리 언급하지 않는 한 복수형의 의미를 포함할 수 있으며, 이는 청구범위에 기재된 단수형의 표현에도 마찬가지로 적용된다.

[0065] 본 발명에서 사용되는 "제1", "제2" 등의 표현들은 복수의 구성요소들을 상호 구분하기 위해 사용되며, 해당 구성요소들의 순서 또는 중요도를 한정하는 것은 아니다.

- [0066] 본 발명에서 사용되는 용어 "부"는, 소프트웨어, 또는 FPGA(field-programmable gate array), ASIC(application specific integrated circuit)과 같은 하드웨어 구성요소를 의미한다. 그러나, "부"는 하드웨어 및 소프트웨어에 한정되는 것은 아니다. "부"는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고, 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서, "부"는 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스, 함수, 속성, 프로시저, 서브루틴, 프로그램 코드의 세그먼트, 드라이버, 펌웨어, 마이크로코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조, 테이블, 어레이 및 변수를 포함한다. 구성요소와 "부" 내에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소 및 "부"로 결합되거나 추가적인 구성요소와 "부"로 분리될 수 있다.
- [0067] 본 발명에서 사용되는 "~에 기초하여"라는 표현은, 해당 표현이 포함되는 어구 또는 문장에서 기술되는, 결정 판단의 행위 또는 동작에 영향을 주는 하나 이상의 인자를 기술하는데 사용되며, 이 표현은 결정, 판단의 행위 또는 동작에 영향을 주는 추가적인 인자를 배제하지 않는다.
- [0068] 본 발명에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 경우, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 직접적으로 연결될 수 있거나 접속될 수 있는 것으로, 또는 새로운 다른 구성요소를 매개로 하여 연결될 수 있거나 접속될 수 있는 것으로 이해되어야 한다.
- [0069] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명한다. 첨부된 도면에서, 동일하거나 대응하는 구성요소에는 동일한 참조부호가 부여되어 있다. 또한, 이하의 실시예들의 설명에 있어서, 동일하거나 대응하는 구성요소를 중복하여 기술하는 것이 생략될 수 있다. 그러나, 구성요소에 관한 기술이 생략되어도, 그러한 구성요소가 어떤 실시예에 포함되지 않는 것으로 의도되지는 않는다.
- [0070] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 평면파 기반 수신 전류 분석 모식도이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 배열 안테나 시스템은 원거리장에서 입사하는 신호를 탐지하므로 평면파로 모델링될 수 있으며, 신호원의 주파수에 따라 파장의 변환이 가능하다. 또한, 각 배열 안테나 소자의 포트가 50옴 매칭될 때, 실제의 운용 환경과 유사한 전류의 진폭 및 위상이 유지될 수 있다. 따라서, 본 실시예에서는 이에 기초하여 레이더 성능 평가를 수행할 수 있다.
- [0071] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더 성능 평가 시스템의 구성을 개략적으로 나타낸 블록도이다. 도 2를 참조하면, 레이더 성능 평가 시스템(200)은 프로세서(210) 및 저장부(220)를 포함할 수 있다.
- [0072] 프로세서(210)는 배열 안테나 및 탑재 구조체를 모델링하고, 모델링된 배열 안테나 및 탑재 구조체에 기초하여, 탑재 구조체의 탑재 성능을 시뮬레이션할 수 있다. 또한, 프로세서(210)는 탑재 성능의 시뮬레이션에 기초하여 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석하고, 분석된 진폭 및 위상에 기초하여 수신 성능의 왜곡을 결정할 수 있다. 또한, 프로세서(210)는 안테나의 방사 패턴을 도출하고, 도출된 방사 패턴에 기초하여 방사 패턴의 왜곡을 결정할 수 있다. 더욱이, 프로세서(210)는 수신 성능의 왜곡 및 방사 패턴의 왜곡에 기초하여 배열 안테나를 재배치시키기 위한 정보(이하, "안테나 재배치 정보"라 함)를 생성할 수 있다.
- [0073] 일 실시예에 있어서, 프로세서(210)는 이상 기술된 제어 동작들 또는 이 동작들을 실행하는 프로그램 명령어를 실행할 수 있는 CPU(central processing unit), FPGA(field programmable gate array), ASIC(application specific integrated circuit) 등을 포함할 수 있지만, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0074] 일 실시예에 있어서, 프로세서(210)는 도 2에 도시된 바와 같이, 모델링부(211), 탑재 성능 시뮬레이션부(212), 수신 전류 분석부(213), 수신 성능 평가부(214), 방사 패턴 분석부(215), 방사 패턴 평가부(216) 및 안테나 처리부(217)를 포함할 수 있다.
- [0075] 모델링부(211)는 배열 안테나 및 탑재 구조체의 간소화 모델링을 수행할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 모델링부(211)는 탑재 구조체에 탑재되는 배열 안테나를 EM(Electro Magnetic) 모델링할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 모델링부(211)는 해석에 포함되는 탑재 구조체를 간소화 모델링할 수 있다. 예를 들면, 모델링부(111)는 해석 시간 및 해석 메모리를 최소화하면서 동일한 전파 산란, 차폐, 커플링 현상을 유지하도록 탑재 구조체의 간소화 모델링을 수행할 수 있다.
- [0076] 탑재 성능 시뮬레이션부(212)는 간소화 모델링된 탑재 구조체의 탑재 성능을 시뮬레이션할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 탑재 성능 시뮬레이션부(212)는 배열 안테나의 각 포트를 50옴 임피던스로 임피던스 매칭(termination)하고 입사 신호를 평면파로 모델링할 수 있다. 또한, 탑재 성능 시뮬레이션부(212)는 탑재 구조체에 인가되는 전류를 예측하는 시뮬레이션을 수행할 수 있다.

[0077] 수신 전류 분석부(213)는 신호 방향별 안테나 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 제1 분석부(213)는 수신 커버리지 내에서 평면과의 방향을 조절하면서 수신 전류를 분석하여 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 분석부(213)는 레이더가 전방위각 방향을 커버하는 탐지 레이더의 경우, 탐지 레이더의 각 안테나 소자가 커버하는 영역을 소정의 섹터(sector)로 나누어 수신 전류를 분석할 수 있어서, 수신 전류의 진폭 및 위상을 효율적으로 분석할 수 있다. 예를 들면, 분석부(213)는 안테나 소자가 커버하는 영역을 "360도/(안테나 소자)"의 섹터로 나누어 분석할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 분석부(213)는 레이더가 전방을 주시하는 추적 레이더이고 추적 레이더가 좌우 대칭으로 배열되는 경우, 수평 방향 배열 안테나 소자의 개수의 절반에 해당하는 안테나 소자에 대해 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석할 수 있어, 해석 시간 및 데이터를 최소화할 수 있다.

[0078] 수신 성능 평가부(214)는 수신 전류의 진폭 및 위상에 기초하여 레이더의 수신 성능을 평가할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 수신 성능 평가부(214)는 탑재 구조체의 유무에 따른 배열 안테나의 각 소자의 수신 전류 및 패턴에 기초하여 수신 성능의 왜곡을 도출할 수 있다. 예를 들면, 수신 성능 평가부(214)는 탑재 구조체가 포함되지 않을 때, 배열 안테나의 각 소자의 수신 전류 및 패턴에 기초하여 탑재 구조체가 탑재 시 레이더의 수신 성능의 왜곡을 도출할 수 있다.

[0079] 일 실시예에 있어서, 수신 성능 평가부(214)는 탑재 구조체가 없는 경우의 제1 복소 인가전류를 산출하고, 탑재 구조체가 포함된 시뮬레이션을 통해 왜곡된 제2 복소 인가 전류를 산출할 수 있다. 수신 성능 평가부(214)는 제1 복소 인가 전류 및 제2 복소 인가 전류에 기초하여 수신 성능의 왜곡을 도출할 수 있다. 예를 들면, 수신 성능 평가부(214)는 아래의 수학적 식 1의 제1 평가 지표를 이용하여 수신 성능의 왜곡을 도출할 수 있다.

수학적 식 1

$$Metric1 = \frac{1}{N_{\theta}} \sum_{i=1}^{N_{\theta}} \Delta I_{M,P}(\theta_i)$$

$$\Delta I_M = |I_{array.M} - I_{distored.M}|$$

$$\Delta I_P = |I_{array.P} - I_{distored.P}|$$

[0083] 수학적 식 1에 있어서, Metric1은 수신 성능의 왜곡을 나타내고, N은 안테나 소자의 개수를 나타내고, $\Delta I_{M,P}$ 는 제1 복소 인가 전류($I_{array.M,P}$)와 제2 복소 인가 전류($I_{distored.M,P}$)의 차이를 나타내고, ΔI_M 는 제1 복소 인가 전류의 진폭($I_{array.M}$)과 제2 복소 인가 전류의 진폭($I_{distored.M}$)의 차이의 절대값을 나타내고, ΔI_P 는 제1 복소 인가 전류의 위상($I_{array.P}$)과 제2 복소 인가 전류의 위상($I_{distored.P}$)의 차이의 절대값을 나타낼 수 있다.

[0084] 방사 패턴 분석부(215)는 탑재 구조체의 유무에 따른 안테나의 방사 패턴을 도출할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 방사 패턴 분석부(215)는 탑재 구조체가 없는 단품 배열 안테나의 3차원 방사 패턴(이하, "제1 방사 패턴"이라 함)을 도출하고, 탑재 구조체가 포함된 배열 안테나의 3차원 방사 패턴(이하, "제2 방사 패턴"이라 함)을 도출할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 방사 패턴 분석부(215)는 3차원 방사 패턴(예를 들면, 제1 방사 패턴 및 제2 방사 패턴)의 진폭 및 위상을 모두 도출할 수 있다.

[0085] 방사 패턴 평가부(216)는 탑재 구조체의 유무에 따라 도출된 방사 패턴에 기초하여 방사 패턴의 왜곡을 도출할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 방사 패턴 평가부(216)는 제1 방사 패턴 및 제2 방사 패턴에 기초하여 방사 패턴의 왜곡을 도출할 수 있다. 예를 들면, 방사 패턴 평가부(216)는 아래의 수학적 식 2의 제2 평가 지표를 이용하여 방사 패턴의 왜곡을 도출할 수 있다.

수학식 2

$$Metric2 = \sqrt{\frac{1}{N_0} \frac{1}{N_\phi} \sum_{j=1}^{N_0} \sum_{i=1}^{N_\phi} |G_{array.M,P}(\theta_j, \phi_i) - G_{distored.M,P}(\theta_j, \phi_i)|^2}$$

[0086]

[0087]

수학식 2에 있어서, Metric2는 방사 패턴의 왜곡을 나타내고, $G_{array.M,P}$ 는 제1 방사 패턴을 나타내고, $G_{array.M,P}$ 는 제2 방사 패턴을 나타낸다.

[0088]

안테나 처리부(217)는 수신 성능의 왜곡 또는 방사 패턴의 왜곡 중 적어도 하나의 왜곡에 기초하여 배열 안테나를 재배치시키기 위한 안테나 재배치 정보를 생성할 수 있다.

[0089]

일 실시예에 있어서, 안테나 처리부(217)는 수신 성능의 왜곡이 사전 설정된 임계값을 초과하는 것으로 판단되면 안테나 재배치 정보를 생성할 수 있다. 따라서, 안테나 재배치 정보에 따라 배열 안테나가 재배치되고, 진술한 과정이 다시 수행되어 수신 성능의 왜곡이 다시 도출될 수 있다.

[0090]

일 실시예에 있어서, 안테나 처리부(217)는 방사 패턴의 왜곡이 사전 설정된 임계값을 초과하는 것으로 판단되면 안테나 재배치 정보를 생성할 수 있다. 따라서, 안테나 재배치 정보에 따라 배열 안테나가 재배치되고, 진술한 과정이 다시 수행되어 방사 패턴의 왜곡이 다시 도출될 수 있다.

[0091]

저장부(220)는 프로세서(210)에 의해 도출된 안테나 수신 전류의 진폭 및 위상을 저장할 수 있다. 또한, 저장부(220)는 프로세서(210)에 의해 도출된 방사 패턴을 저장할 수 있다. 더욱이, 저장부(220)는 프로세서(210)에 의해 생성된 안테나 재배치 정보를 저장할 수 있다.

[0092]

일 실시예에 있어서, 저장부(220)는 자기 디스크(예를 들어, 자기 테이프, 플렉시블 디스크, 하드 디스크 등), 광 디스크(예를 들어, CD, DVD 등), 반도체 메모리(예를 들어, USB 메모리, 메모리 카드 등) 등을 포함할 수 있지만, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0093]

본 발명에 도시된 흐름도에서 프로세스 단계들, 방법 단계들, 알고리즘들 등이 순차적인 순서로 설명되었지만, 그러한 프로세스들, 방법들 및 알고리즘들은 임의의 적합한 순서로 작동되도록 구성될 수 있다. 다시 말하면, 본 발명의 다양한 실시예들에서 설명되는 프로세스들, 방법들 및 알고리즘들의 단계들이 본 발명에서 기술된 순서로 수행될 필요는 없다. 또한, 일부 단계들이 비동시적으로 수행되는 것으로서 설명되더라도, 다른 실시예에서는 이러한 일부 단계들이 동시에 수행될 수 있다. 또한, 도면에서의 묘사에 의한 프로세스의 예시는 예시된 프로세스가 그에 대한 다른 변화들 및 수정들을 제외하는 것을 의미하지 않으며, 예시된 프로세스 또는 그의 단계들 중 임의의 것이 본 발명의 다양한 실시예들 중 하나 이상에 필수적임을 의미하지 않으며, 예시된 프로세스가 바람직하다는 것을 의미하지 않는다.

[0094]

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더 성능 평가 방법을 나타낸 흐름도이다. 도 3을 참조하면, 단계 S302에서, 레이더 성능 평가 시스템(200)은 레이더의 배열 안테나 및 탑재 구조체를 모델링할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 레이더 성능 평가 시스템(200)의 프로세서(210)는 배열 안테나 및 탑재 구조체의 간소화 모델링을 수행할 수 있다.

[0095]

일 실시예에 있어서, 프로세서(210)는 탑재 구조체에 탑재되는 배열 안테나의 EM 모델링을 수행할 수 있다. 예를 들면, 프로세서(210)는 도 4a에 도시된 바와 같이, 레이더(400)가 전방위각 커버리지를 하는 탐지 레이더의 경우, 복수의 안테나 소자를 등간격으로 배치하고 복수의 안테나 소자 각각을 사전 설정된 방위각을 커버하도록 모델링할 수 있다. 예를 들면, 프로세서(210)는 도 4b에 도시된 바와 같이 레이더(400)가 전방을 응시하는 추적 레이더의 경우, 지향성을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나로 설계하고 등간격 평면 배치를 갖도록 모델링할 수 있다.

[0096]

일 실시예에 있어서, 프로세서(210)는 해석에 포함되는 탑재 구조체를 간소화 모델링할 수 있다. 예를 들면, 프로세서(210)는 배열 안테나의 탑재 구조체의 탑재 성능 분석 시 해석 시간 및 해석 메모리를 최소화하면서도 유사한 전파 산란, 차폐 및 커플링 현상을 도출하기 위해, 도 5에 도시된 바와 같이 탑재 구조체(500)를 간소화 모델링할 수 있다. 일반적으로, 실제의 탑재 구조체는 원통형 프레임으로 구성되며 각 부품을 연결하기 위한 상세 형상들이 반영되어 있다. 그러나, 파장에 따라 각 상세 부품의 형상이 평면 모델링될 수 있으며, 이를 반영하는 경우 탑재 구조체(500)가 단순화될 수 있다.

- [0097] 일 실시예에 있어서, 프로세서(210)는 최소한의 해석 시간과 더욱 정확한 수신 전류 예측을 위하여 도 6에 도시된 바와 같이 포신의 간소화 모델링을 진행할 수 있다. 예를 들면, 포신의 크기는 안테나에 비해 매우 크므로 요구되는 전파(Full-Wave) 시뮬레이션 해석 시간과 메모리의 부담이 크기 때문에 이를 해결하기 위해, 프로세서(210)는 탑재 구조체(500)의 각 면마다 서로 다른 크기의 메쉬를 적용하여 총 메쉬 수가 서로 다른 간소화 모델(예를 들어, 케이스 A 내지 D)을 정의할 수 있다. 이때, 프로세서(210)는 가장 좋은(Fine) 메쉬를 갖는 구조(케이스 E)를 기준으로 하여 성능 분석 유사도를 판별할 수 있으며, 간소화 모델의 경우, $\lambda/5$ 와 $\lambda/2.66$ 크기의 메쉬 조합을 갖도록 할 수 있다.
- [0098] 도 7a 및 도 7b는 각 케이스의 메쉬 수, 해석 시간, 수신 전류의 진폭 및 위상 예측 오차 변화를 나타낸 도면이다. 도 7a 및 도 7b에서, 케이스 B의 경우, 해석 메쉬 수가 기준(케이스 E) 대비 41916개에서 25116개로 감소하며, 시간은 41% 소요된다. 기준 대비 각 케이스의 전류 분석 오차는 케이스 B를 기점으로 크게 감소하며, 케이스 B에서 위상 오차가 2.4도 이내로 수렴하므로 본 실시예에서는 케이스 B를 이용하여 추가 분석을 진행할 수 있다.
- [0099] 단계 S304에서, 레이더 성능 평가 시스템(200)은 모델링된 배열 안테나 및 탑재 구조체에 기초하여, 탑재 구조체의 탑재 성능을 시뮬레이션할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 레이더 성능 평가 시스템(200)의 프로세서(210)는 간소화 모델링 탑재 구조체의 입사 신호를 평면파로 모델링하여 탑재 구조체의 탑재 성능을 시뮬레이션할 수 있다.
- [0100] 일 실시예에 있어서, 도 8a는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 탐지 레이더의 배열 안테나의 개별 소자 형상을 나타낸 도면이고, 도 8b는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 추적 레이더의 배열 안테나의 개별 소자 형상을 나타낸 도면이다. 도 8a 및 도 8b에 있어서, 배열 안테나의 탑재 구조체의 탑재 위치는 높이(h_{array})로 정의하였고, 탐지 레이더의 각 소자는 방위각 방향에서 "360도/N 커버리지"를 갖도록 하여 연산 복잡도를 낮추었다. 예를 들면, 8개의 배열 소자를 이용하여 1도 간격으로 탐지하는 경우, 획득되는 복소 조향 벡터 크기는 360×8 의 크기를 가진다. 그러나, 각 배열 소자의 커버리지를 45도로 할당하면 전 방위각 데이터를 확보하면서도 복소 조향 벡터의 크기를 8배 축소할 수 있다. 추적 레이더의 경우, 일반적으로 포신과 함께 회전하므로 포열의 중심 방향과 배열 안테나의 브로드사이드(Broadside) 방향이 항상 일치하여, 추적 레이더의 각 소자 위치에서 포구를 바라본 상대적 각도는 상이하다. 따라서, 추적 레이더의 경우에는 모든 배열 소자가 동일한 전방 커버리지를 갖도록 하여 복소 조향 벡터를 산출할 수 있다.
- [0101] 예를 들면, 프로세서(210)는 도 9에 도시된 바와 같이, 모델링된 배열 안테나(600) 및 탑재 구조체(500)에 기초하여, 레이더의 커버리지 내에 인가되는 평면파의 방향에 따른 수신 전류의 분석 시뮬레이션을 수행할 수 있다. 각 안테나 포트에 유기되는 수신 전류를 정확히 해석하기 위해 각 안테나 소자는 50옴 매칭되어 있으며, 수신 전류의 진폭 및 위상 정보가 입사각, 주파수 및 탑재 위치에 따라 분석될 수 있다.
- [0102] 단계 S306에서, 레이더 성능 평가 시스템(200)은 시뮬레이션에 기초하여 신호 방향별 안테나 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 레이더 성능 평가 시스템(200)의 프로세서(210)는 수신 커버리지 내에서 평면파의 방향을 조절하면서 수신 전류를 분석하여 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석할 수 있다.
- [0103] 예를 들면, 프로세서(210)는 도 9에 도시된 바와 같이, 레이더(400)가 전방위각 커버리지를 하는 탐지 레이더의 경우(도 9의 좌측), 레이더(400)의 안테나 소자(600)의 수신 커버리지 내에서 평면파의 방향을 조절하면서 수신 전류를 분석하여 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석할 수 있다.
- [0104] 예를 들면, 프로세서(210)는 도 9에 도시된 바와 같이, 레이더(400)가 전방을 응시하는 추적 레이더의 경우(도 9의 우측), 레이더(400)의 안테나 소자(600)의 수신 커버리지 내에서 평면파의 방향을 조절하면서 수신 전류를 분석하여 수신 전류의 진폭 및 위상을 분석할 수 있다.
- [0105] 단계 S308에서, 레이더 성능 평가 시스템(200)은 분석된 진폭 및 위상에 기초하여 레이더(400)의 수신 성능의 왜곡을 결정할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 레이더 성능 평가 시스템(200)의 프로세서(210)는 수신 전류의 진폭 및 위상에 기초하여 레이더(400)의 수신 성능의 왜곡을 결정할 수 있다.
- [0106] 예를 들면, 프로세서(210)는 레이더(400)가 전방위각 방향을 커버하는 탐지 레이더의 경우, 탐지 레이더의 각 안테나 소자가 커버하는 영역을 소정의 섹터로 나누어 수신 전류를 분석할 수 있다.
- [0107] 예를 들면, 프로세서(210)는 레이더(400)가 전방을 주시하는 추적 레이더이고 추적 레이더가 좌우 대칭으로 배열되는 경우, 수평 방향 배열 안테나 소자의 개수의 절반에 해당하는 안테나 소자에 대해 수신 전류를 분석할

수 있다.

- [0108] 일 실시예에 있어서, 프로세서(210)는 수신 전류의 진폭 및 위상에 기초하여 수신 성능의 왜곡을 도출할 수 있다. 예를 들면, 프로세서(210)는 탑재 구조체(500)가 포함되지 않을 때, 배열 안테나의 각 안테나 소자의 제1 복소 인가전류를 산출하고, 탑재 구조체(500)가 포함된 시뮬레이션을 통해 왜곡된 제2 복소 인가 전류를 산출하며, 도 10에 도시된 바와 같이, 제1 복소 인가 전류 및 제2 복소 인가 전류를 수학적 1에 적용하여 상기 수신 성능의 왜곡을 도출할 수 있다.
- [0109] 단계 S310에서, 레이더 성능 평가 시스템(200)은 수신 성능의 왜곡이 사전 설정된 임계값 이하인지 여부를 판단할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 레이더 성능 평가 시스템(200)의 프로세서(210)는 수신 성능의 왜곡과 사전 설정된 임계값을 비교하여 수신 성능의 왜곡이 사전 설정된 임계값 이하인지 여부를 판단할 수 있다.
- [0110] 단계 S310에서 수신 성능의 왜곡이 사전 설정된 임계값을 초과하는 것으로 판단되면, 단계 S312에서, 레이더 성능 평가 시스템(200)은 배열 안테나를 재배치시키기 위한 안테나 재배치 정보를 생성할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 레이더 성능 평가 시스템(200)의 프로세서(210)는 수신 성능의 왜곡이 사전 설정된 임계값을 초과하는 것으로 판단되면, 배열 안테나를 재배치시키기 위한 안테나 재배치 정보를 생성할 수 있다. 따라서, 안테나 재배치 정보에 따라 배열 안테나가 재배치되고, 전술한 단계 S302 내지 310이 다시 수행될 수 있다.
- [0111] 한편, 단계 S310에서 수신 성능의 왜곡이 사전 설정된 임계값 이하인 것으로 판단되면, 단계 S314에서, 레이더 성능 평가 시스템(200)은 배열 안테나의 방사 패턴을 도출할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 레이더 성능 평가 시스템(200)의 프로세서(210)는 탑재 구조체의 유무에 따른 배열 안테나의 방사 패턴을 도출할 수 있다.
- [0112] 예를 들면, 프로세서(210)는 탑재 구조체(500)가 없는 배열 안테나의 3차원 방사 패턴을 제1 방사 패턴으로서 도출할 수 있다. 또한, 프로세서(210)는 탑재 구조체(500)가 포함된 배열 안테나의 3차원 방사 패턴을 제2 방사 패턴으로서 도출할 수 있다.
- [0113] 단계 S316에서, 레이더 성능 평가 시스템(200)은 도출된 방사 패턴에 기초하여 방사 패턴의 왜곡을 결정할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 레이더 성능 평가 시스템(200)의 프로세서(210)는 제1 방사 패턴 및 제2 방사 패턴에 기초하여 방사 패턴의 왜곡을 도출할 수 있다. 예를 들면, 프로세서(210)는 제1 방사 패턴 및 제2 방사 패턴을 수학적 2에 적용하여 방사 패턴의 왜곡을 도출할 수 있다.
- [0114] 단계 S318에서, 레이더 성능 평가 시스템(200)은 방사 패턴의 왜곡이 사전 설정된 임계값 이하인지 여부를 판단할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 레이더 성능 평가 시스템(200)의 프로세서(210)는 방사 패턴의 왜곡과 사전 설정된 임계값을 비교하여 수신 성능의 왜곡이 사전 설정된 임계값 이하인지 여부를 판단할 수 있다.
- [0115] 단계 S318에서 방사 패턴의 왜곡이 사전 설정된 임계값을 초과하는 것으로 판단되면, 단계 S312에서, 레이더 성능 평가 시스템(200)은 배열 안테나를 재배치시키기 위한 안테나 재배치 정보를 생성할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 레이더 성능 평가 시스템(200)의 프로세서(210)는 방사 패턴의 왜곡이 사전 설정된 임계값을 초과하는 것으로 판단되면, 배열 안테나를 재배치시키기 위한 안테나 재배치 정보를 생성할 수 있다. 따라서, 안테나 재배치 정보에 따라 배열 안테나가 재배치되고, 전술한 단계 S302 내지 310이 다시 수행될 수 있다.
- [0116] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 탑재 구조체에 의한 안테나 패턴 변화를 나타낸 도면이다. 도 11에 도시된 바와 같이, 제안된 전류 및 패턴 왜곡 기준을 도 10에 적용할 경우, 최대 27.07mA의 진폭 왜곡($\varphi_{inc} = 22.5$ 도), 86도의 위상 왜곡($\varphi_{inc} = 0$ 도), 18.945dB의 패턴 왜곡(고각 $\theta = -23$ 도)이 나타남을 알 수 있다.
- [0117] 도 12a 및 도 12b는 본 발명의 일 실시예에 따른 8개의 안테나 소자를 포함하는 원형 배열 안테나를 이용하여 수신 전류의 전류의 위상 및 진폭의 변화를 배열 안테나의 탑재 높이에 따라 비교 및 분석한 결과를 나타낸 도면이다. 즉, 도 12a 및 도 12b에 도시된 바와 같이, 8개의 안테나 소자를 포함하는 원형 배열 안테나에 대해 각 안테나의 45도 커버리지에서 수신되는 전류의 위상 및 진폭의 변화가 배열 안테나의 탑재 높이에 따라 비교 및 분석된 결과를 나타낸 도면이다. 이러한 성능 변화는 평면파의 입사각을 변화시키면서 분석될 수 있으며, 도 12a 및 도 12b에서는 목표 고각 커버리지인 35도와 0도 사이의 입사 신호에 대해 분석한 결과를 나타내고 있다. 배열 안테나가 500mm의 높이에 탑재되는 경우, 35도의 고각 입사에 대해 큰 진폭 왜곡이 나타나며, 배열 안테나가 1000mm의 높이에 탑재되는 경우, 이러한 진폭 왜곡이 크게 개선될 수 있다. 위상 왜곡의 경우, 1000mm 높이에서 최대 30도 이내의 위상 왜곡이 유지될 수 있다.
- [0118] 도 13a는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 탐지 레이더의 수신 전류의 진폭을 나타낸 도면이고, 도 13b

는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 탐지 레이더의 수신 전류의 위상을 나타낸 도면이고, 도 14a는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 추적 레이더의 수신 전류의 진폭을 나타낸 도면이며, 도 14b는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 추적 레이더의 수신 전류의 위상을 나타낸 도면이다. 도 13a 내지 도 14b에 도시된 바와 같이, 배열 안테나는 포신 상단에 배치되며, 0.1m부터 2.1m까지 0.5m 간격으로 탑재 높이(h_{array})를 조절하였다. 도 13a 및 도 13b는 $\theta_{inc} = -35$ 도일 때의 진폭 및 위상 변화를 나타내며, 도 13a 및 도 13b는 $\theta_{inc} = +35$ 도에서의 결과를 나타낸다. 평면파가 낮은 고각에서 입사하는 경우, 포신에 의한 물리적 차폐 현상으로 인해 $h_{array} = 0.1m$ 에서는 모든 방위각 방향에서 진폭과 위상 왜곡이 급격히 증가한다. 이러한 왜곡은 포구 방향인 $\phi_{inc} = 0$ 도 부근에서 더욱 두드러지며, 최대 16mA, 177도의 진폭 및 위상 왜곡을 보인다. 또한, 배열 안테나의 탑재 높이가 $h_{array} = 0.6m$ 이상으로 증가함에 따라, 최대 진폭 및 위상 왜곡은 10mA, 38도 이내로 크게 개선됨을 알 수 있다. 평면파가 $\theta_{inc} = +35$ 도에서 입사하는 경우, 유사한 왜곡 경향성을 보이나, 포신에 의한 차폐가 아닌 탑재 구조체에 의한 다중 경로 현상으로 왜곡이 발생한다. 또한, $h_{array} = 0.1m$ 의 탑재 높이에서 발생하는 최대 26.8mA의 진폭 왜곡은 $h_{array} = 0.6m$ 이상에서 9mA 이하로 낮아짐을 알 수 있다.

[0119] 도 13a는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 탐지 레이더의 수신 전류의 진폭을 나타낸 도면이고, 도 13b는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 탐지 레이더의 수신 전류의 위상을 나타낸 도면이고, 도 14a는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 추적 레이더의 수신 전류의 진폭을 나타낸 도면이며, 도 14b는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 추적 레이더의 수신 전류의 위상을 나타낸 도면이다.

[0120] 도 15a는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 탐지 레이더의 수신 성능을 분석한 결과를 나타낸 도면으로서, 최외각 안테나의 수신 왜곡을 나타낸 도면이고, 도 15b는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 탐지 레이더의 수신 성능을 분석한 결과를 나타낸 도면으로서, 중앙 안테나의 수신 왜곡을 나타낸 도면이다. 본 실시예에서는 고각 및 방위각 커버리지에서 입사각에 따른 수신 진폭 및 위상을 산출한 후, 도 10에서 제시된 산출 프로세스를 동일하게 적용하였다. 도 15a 및 도 15b에 도시된 바와 같이, 배열 안테나가 500mm에 위치하는 경우, 높은 고각에서의 진폭 및 위상의 왜곡이 크게 증가하며, 배열 안테나가 1000mm에 위치하는 경우, 낮은 고각에서의 진폭 및 위상의 왜곡이 두드러지는 것을 알 수 있다. 만일, 배열 형상 및 구조체 형상이 좌우대칭적인 경우, 수신 왜곡 또한 대칭적으로 나타나므로 절반의 안테나 소자만 분석하여도 본 실시예에서 제시되는 프로세스를 통해 배열 안테나의 전체 성능이 평가 및 판단될 수 있다.

[0121] 도 16a는 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 추적 레이더의 최외각 배열 안테나의 수신 전류의 진폭을 나타낸 도면이고, 도 16b는 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 추적 레이더의 최외각 배열 안테나의 수신 전류의 위상을 나타낸 도면이고, 도 16c는 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 추적 레이더의 중심 배열 안테나의 수신 전류의 진폭을 나타낸 도면이며, 도 16d는 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 추적 레이더의 중심 배열 안테나의 수신 전류의 위상을 나타낸 도면이다. 도 16a 내지 도 16d는 추적 레이더의 고각 커버리지($-11 \leq \theta_{inc} \leq +11$ 도)에서 1도 간격으로 위치한 평면파($\phi_{inc} = 0$ 도)로부터 수신되는 전류의 진폭 및 위상 분석 결과를 나타낸다. 또한, 탐지 레이더와 동일하게 배열 안테나의 높이(h_{array})를 0.1m에서 2.1m까지 0.5m 간격으로 조절하였다. 최외곽 소자의 경우, $h_{array} = 0.1m$ 에 배치될 때 $\theta_{inc} = 11$ 도에서 진폭과 위상의 왜곡이 최대 17mA, 39.59도 발생하며, $h_{array} = 0.6m$ 에서 $\theta_{inc} = -11$ 도의 평면파에 대해 최대 18mA의 진폭 왜곡이 나타난다. 또한, 중심 배열 안테나 소자에서도 유사한 경향을 띄나, 포신의 구조와 정렬(Align)되므로 진폭 및 위상 왜곡이 $h_{array} = 0.6m$ 에서 $\theta_{inc} = -11$ 도의 평면파에 대해 최대 22mA, $h_{array} = 0.1m$ 에서 $\theta_{inc} = 11$ 도의 평면파에 대해 최대 42.94도로 크게 증가하는 것을 알 수 있다.

[0122] 도 17a는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 탐지 레이더의 배열 안테나의 탑재 높이에 따른 평균 진폭 및 위상 왜곡의 변화를 나타낸 도면이고, 도 17b는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 추적 레이더의 배열 안테나의 탑재 높이에 따른 평균 진폭 및 위상 왜곡의 변화를 나타낸 도면이다. 도 17a에 도시된 바와 같이, 레이더(400)가 탐지 레이더인 경우, 10 μ A 이하의 진폭 왜곡과 3도 이내의 위상 왜곡을 위해서는 최소 1000mm의 높이에 배열 안테나가 탑재되어야 하는 것을 알 수 있다. 또한, 도 17b에 도시된 바와 같이, 레이더(400)가 추적 레이더인 경우, 0 μ A 이하의 진폭 왜곡과 3도 이내의 위상 왜곡을 위해서는 최소 1500mm의 높이에 배열 안테나가 탑재되어야 하는 것을 알 수 있다.

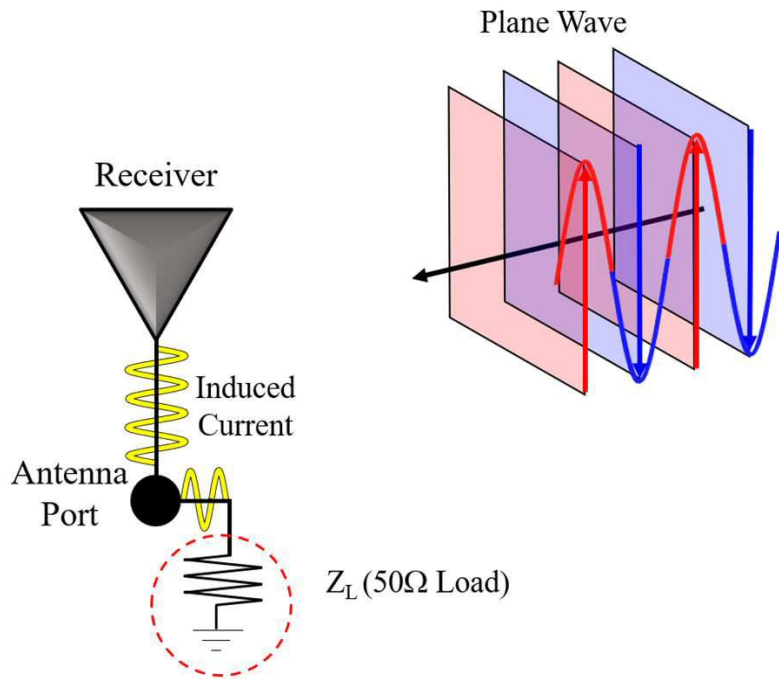
- [0123] 도 18은 본 발명의 일 실시예에 따른 배열 안테나의 탑재 높이에 따른 탐지 레이더 및 추적 레이더의 평균 패턴 왜곡 변화를 나타낸 도면이다. 도 18에 도시된 바와 같이, 전류 왜곡 기준을 적용한 결과와 마찬가지로, 탐지 레이더의 높이가 $h_{array} = 0.6m$ 이상이고, 추적 레이더의 높이가 $h_{array} = 1.1m$ 이상일 때, 0.3이하의 평균 패턴 왜곡이 나타남을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 제안된 전류 및 패턴 왜곡 평가 기준이 상호 검증에 활용될 수 있음을 내포하고 있다.
- [0124] 도 19는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이더로서 탐지 레이더의 탑재 위치에 따른 빔 조향 패턴 비교를 나타낸 도면이다. 도 19에서의 해당 분석에는 32소자 다이폴 원형 배열 안테나를 사용하였으며, 배열 반경은 소자 간 간격이 반파장이 되도록 하였다. 빔조향 패턴이 $\theta = -35^\circ$, $\phi = 22.5^\circ$ 를 조향하도록 가중치를 인가하였으며, 탑재 구조체가 없는 경우, h_{array} 가 0.1m인 경우, h_{array} 가 0.6m인 경우를 비교하였다. 그 결과, 전류 및 패턴 왜곡이 발생하는 $h_{array} = 0.1m$ 에 배열 안테나가 탑재되는 경우, 조향 방향에서 16.4dB의 주빔 이득 저감이 발생하며, $h_{array} = 0.6m$ 의 경우에는 2.5dB만 저감되어 14dB 개선됨을 확인할 수 있다.
- [0125] 위 방법은 특정 실시예들을 통하여 설명되었지만, 위 방법은 또한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의해 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광데이터 저장장치 등이 있다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다. 그리고, 위 실시예들을 구현하기 위한 기능적인(functional) 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 발명이 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있다.
- [0126] 이상 일부 실시예들과 첨부된 도면에 도시된 예에 의해 본 발명의 기술적 사상이 설명되었지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 이해할 수 있는 본 발명의 기술적 사상 및 범위를 벗어나지 않는 범위에서 다양한 치환, 변형 및 변경이 이루어질 수 있다는 점을 알아야 할 것이다. 또한, 그러한 치환, 변형 및 변경은 첨부된 청구범위 내에 속하는 것으로 생각되어야 한다.

부호의 설명

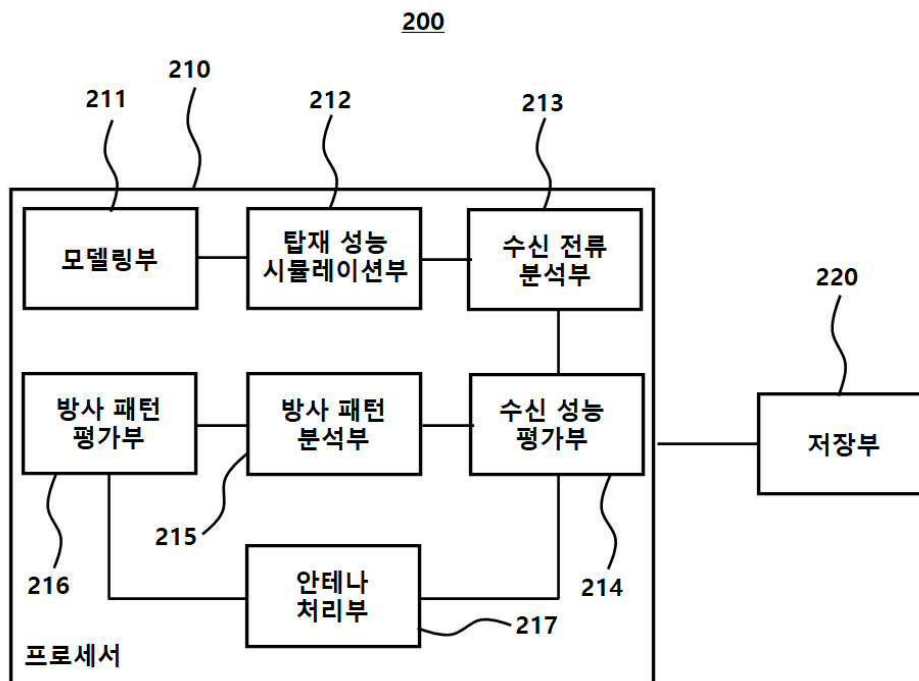
- [0127] 200: 레이더 성능 평가 시스템, 210: 프로세서, 211: 모델링부, 212: 탑재 성능 시뮬레이션부, 213: 수신 전류 분석부, 214: 수신 성능 평가부, 215: 방사 패턴 분석부, 216: 방사 패턴 평가부, 217: 안테나 처리부, 220: 저장부, 400: 레이더, 500: 탑재 구조체, 600: 배열 안테나

도면

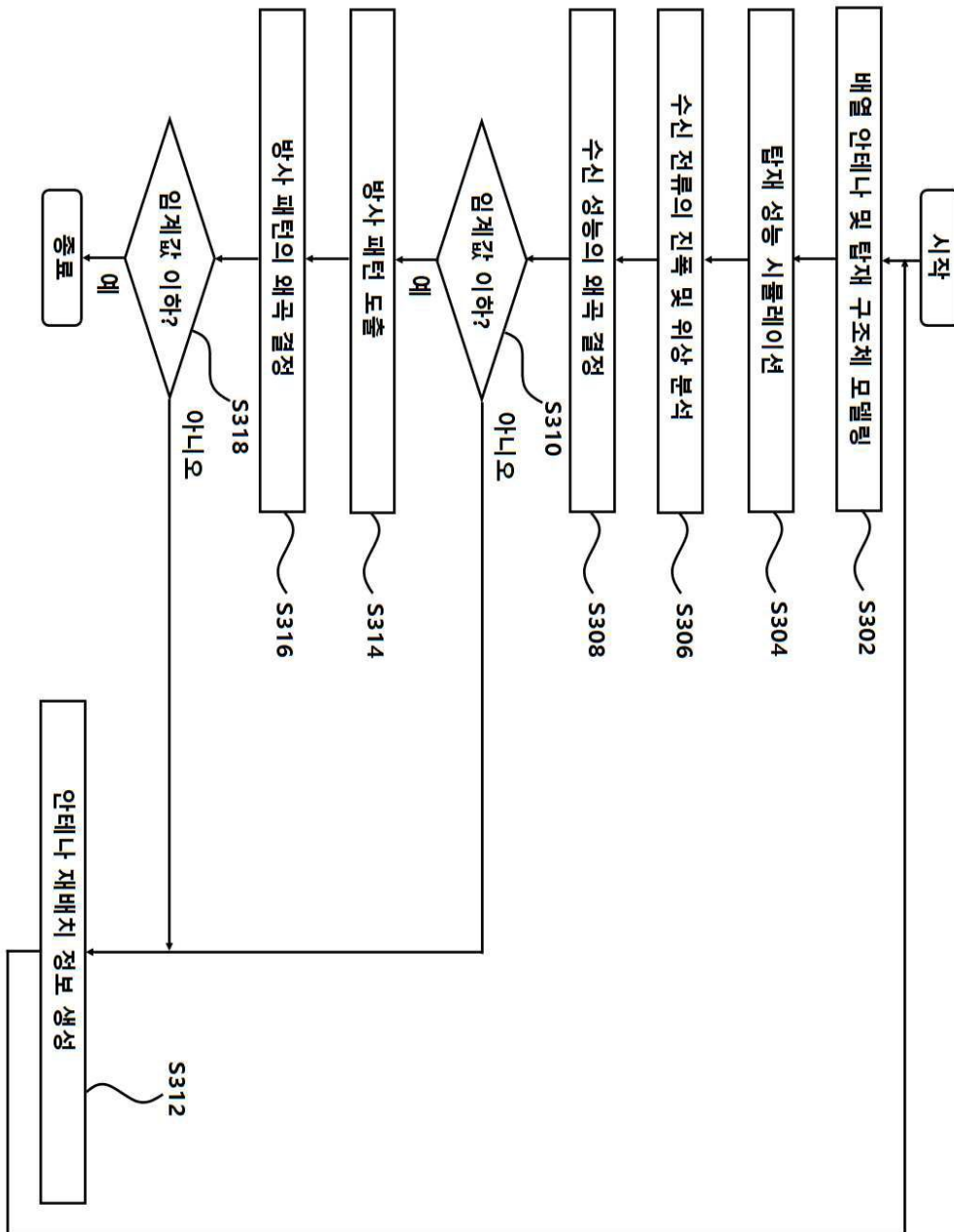
도면1



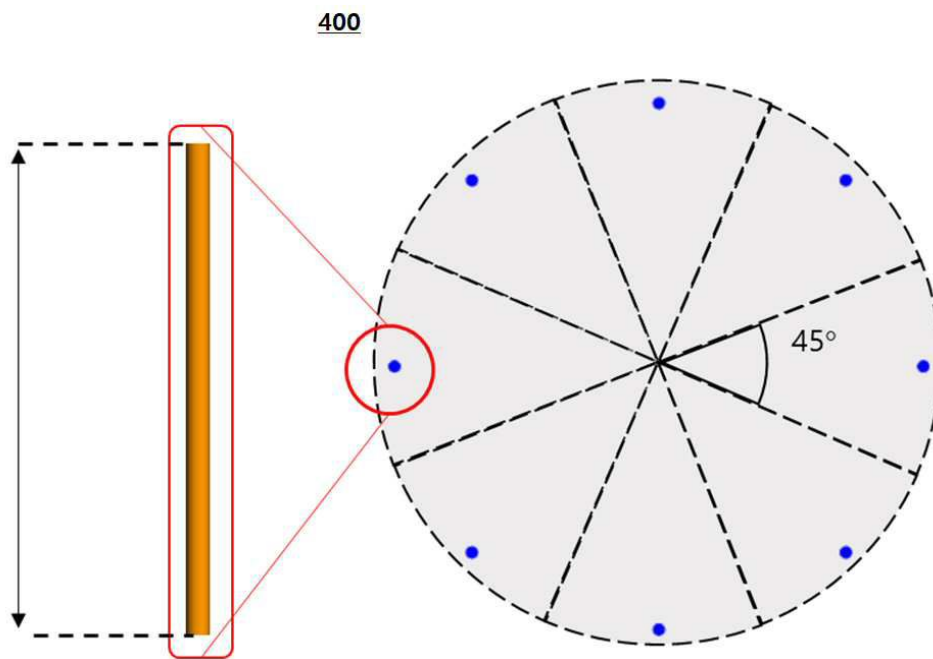
도면2



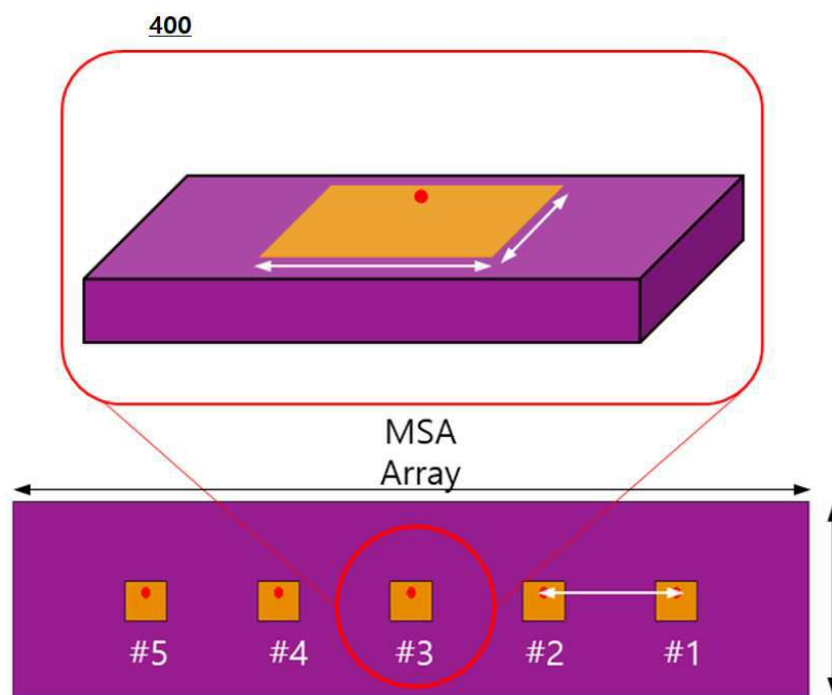
도면3



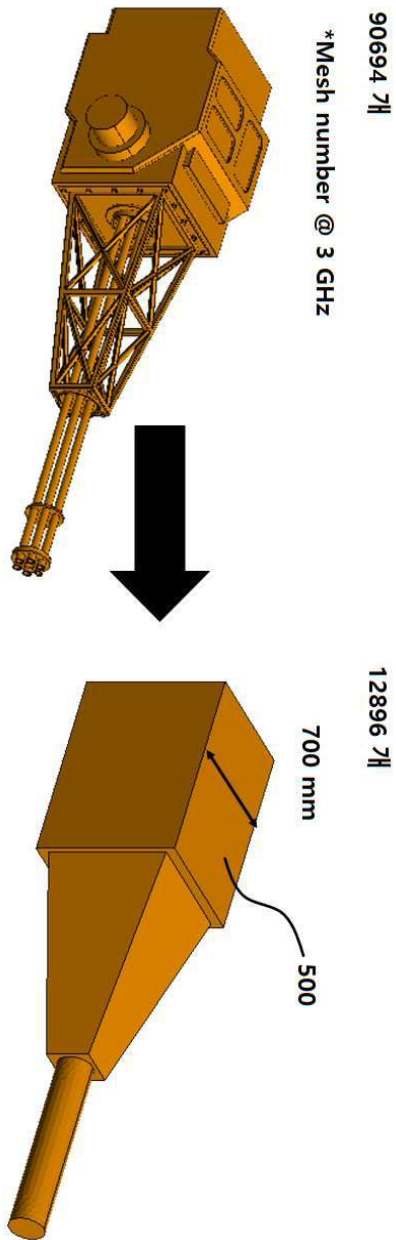
도면4a



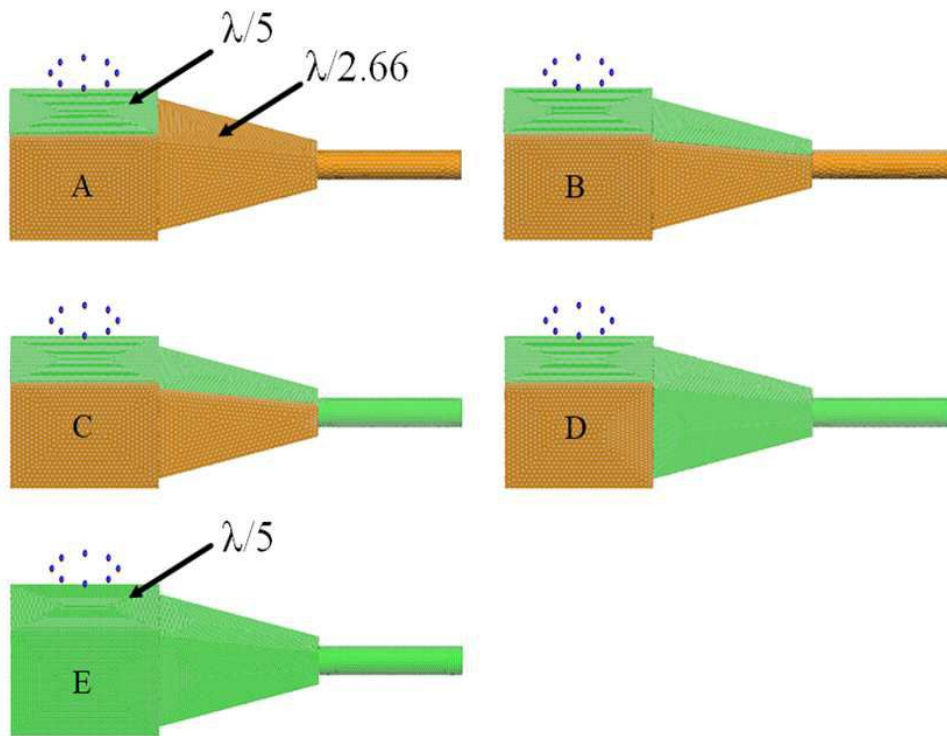
도면4b



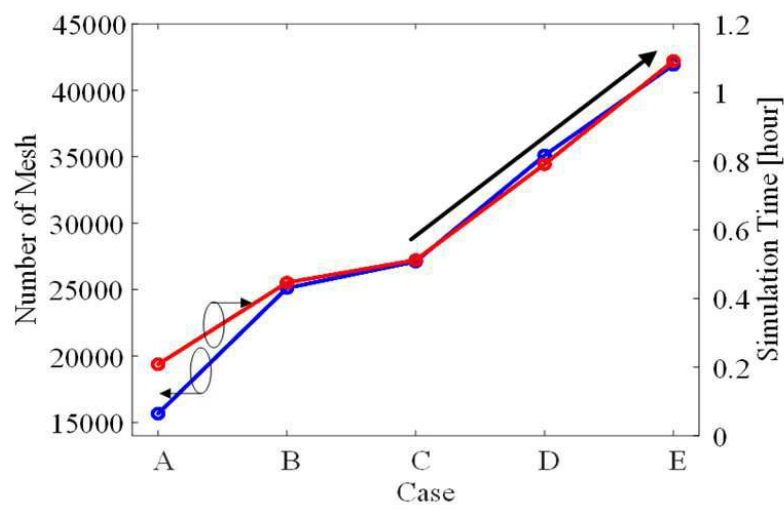
도면5



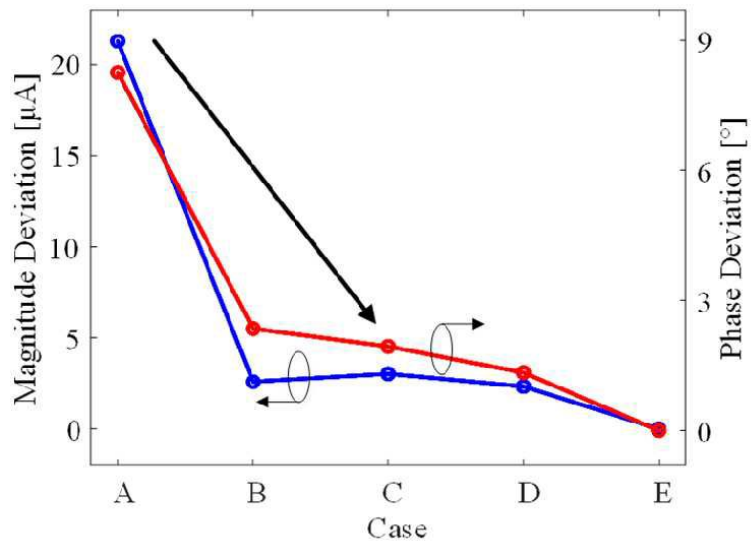
도면6



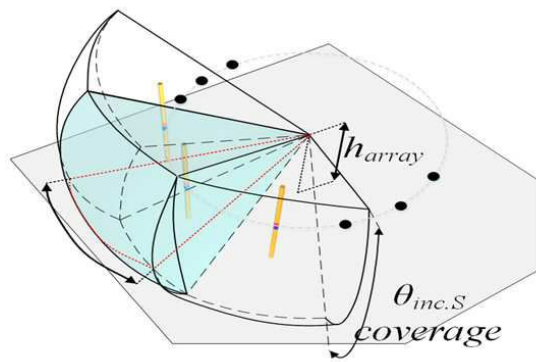
도면7a



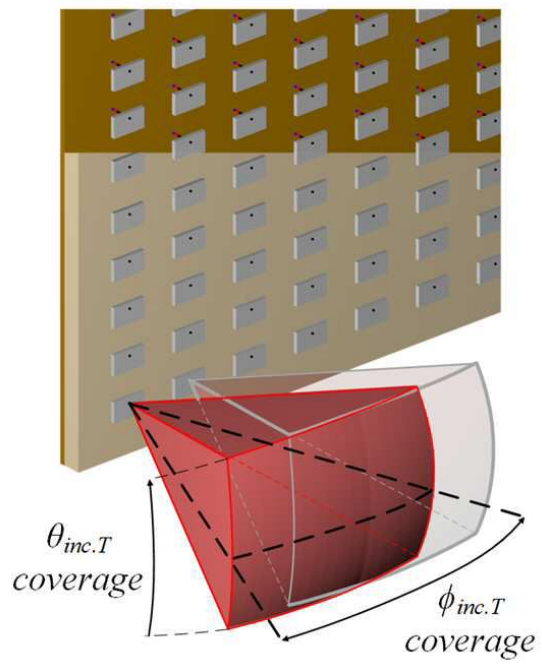
도면7b



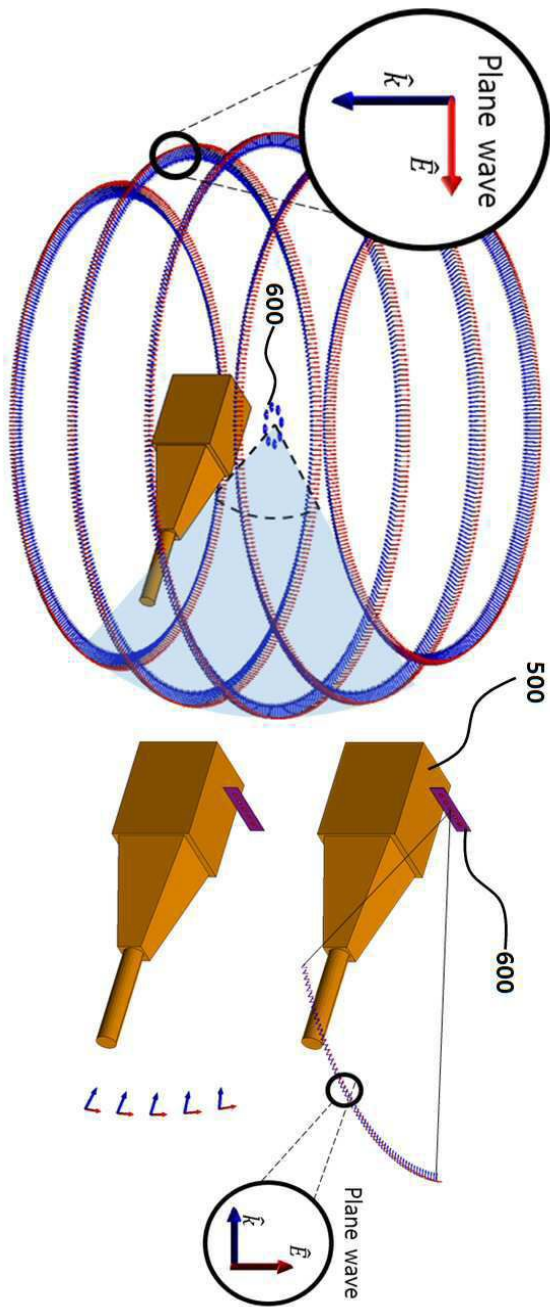
도면8a



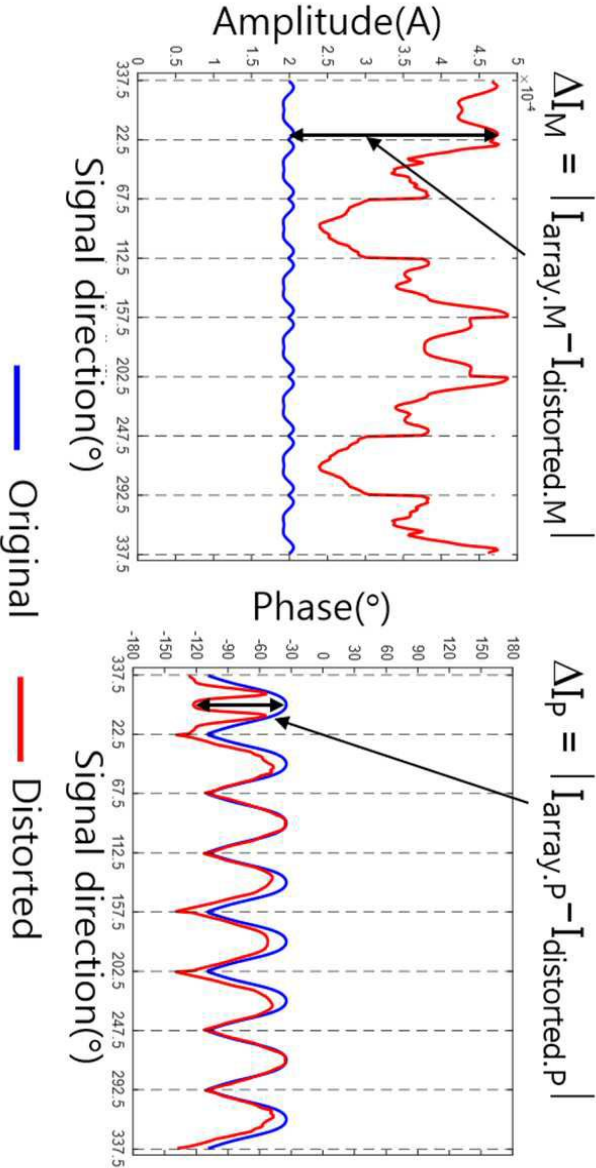
도면8b



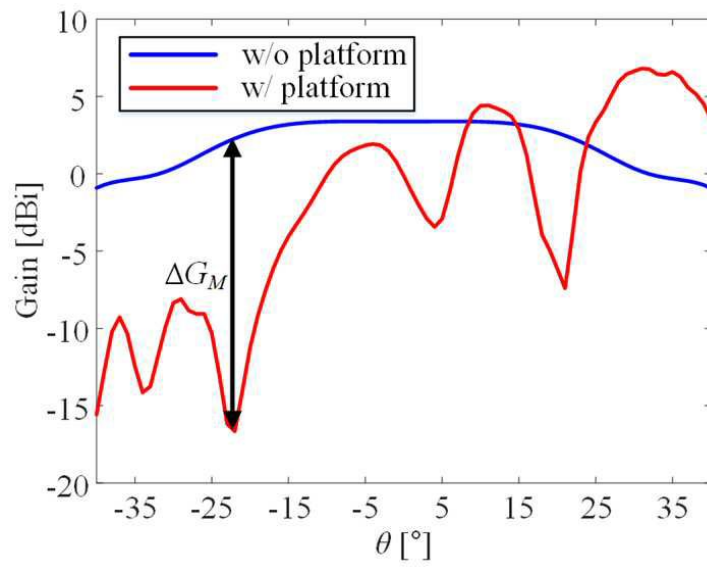
도면9



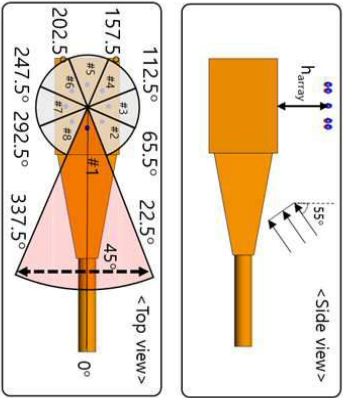
도면10



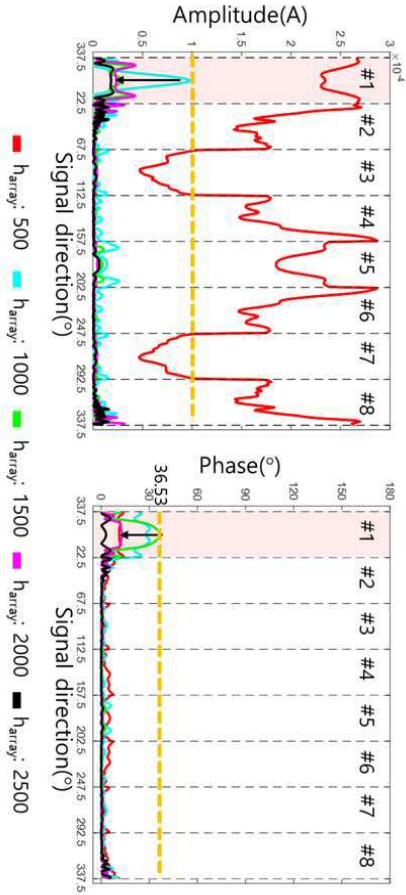
도면11



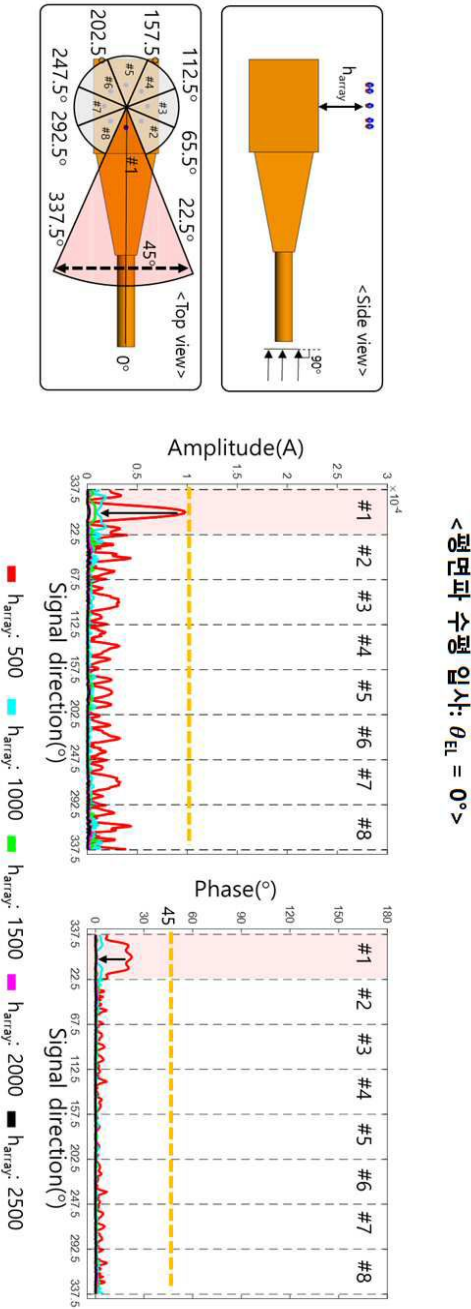
도면12a



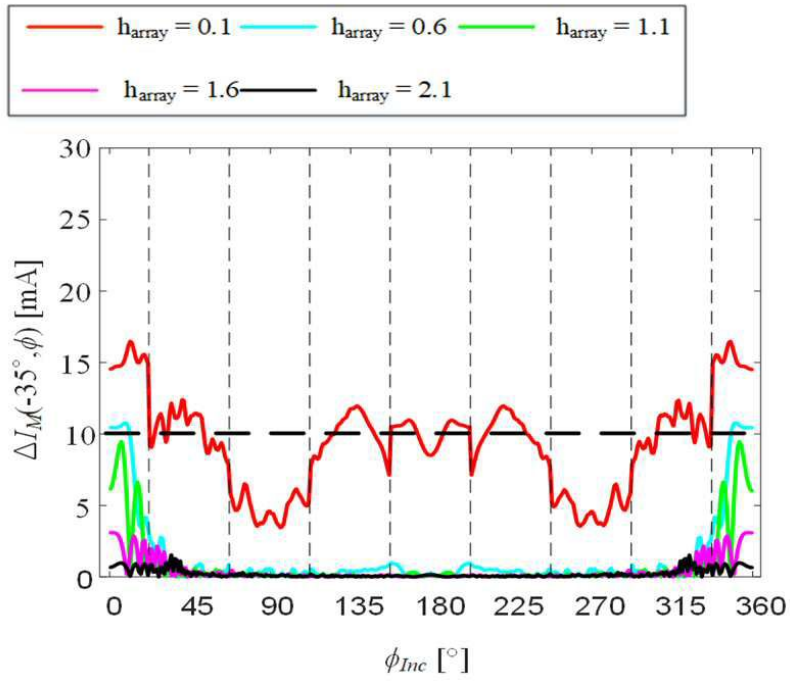
<평면파 경사(Oblique) 입사: $\theta_{EL} = 35^\circ$ >



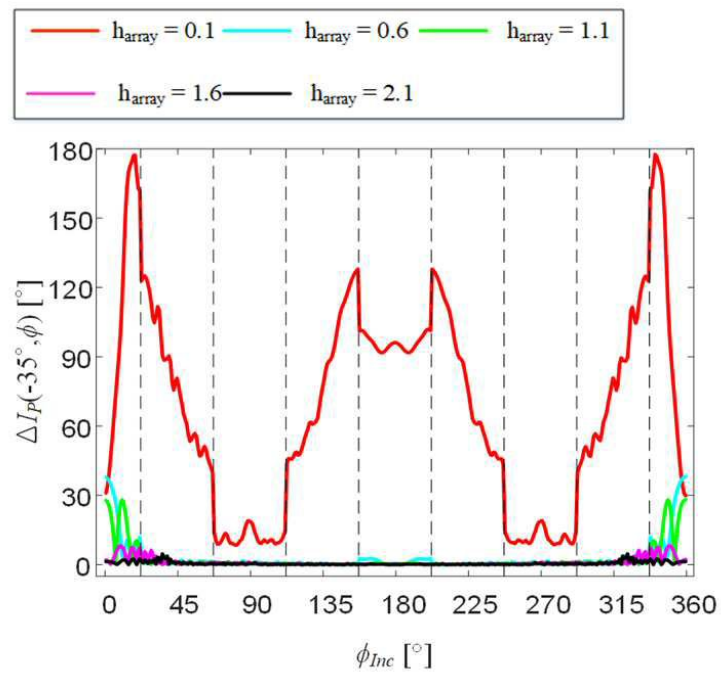
도면12b



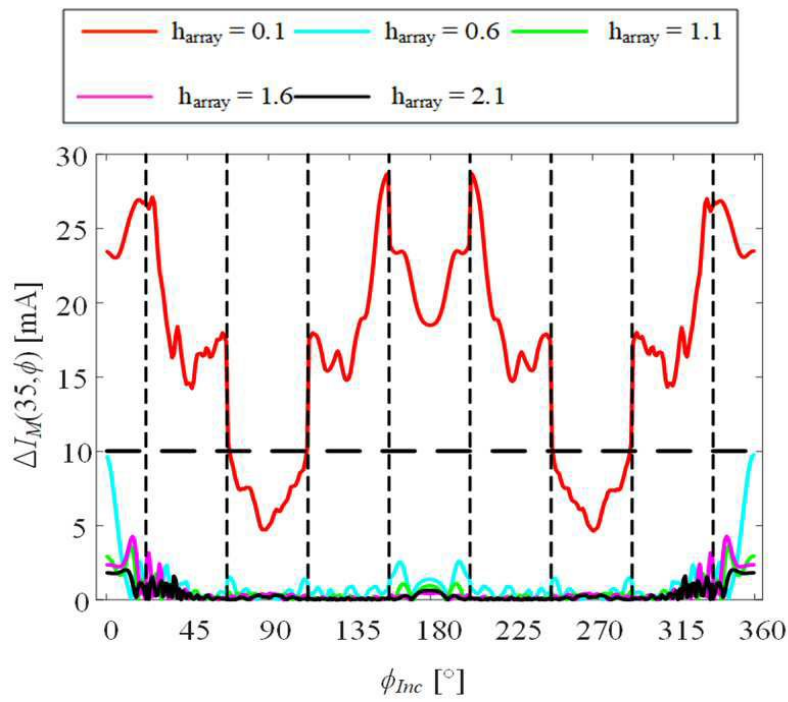
도면13a



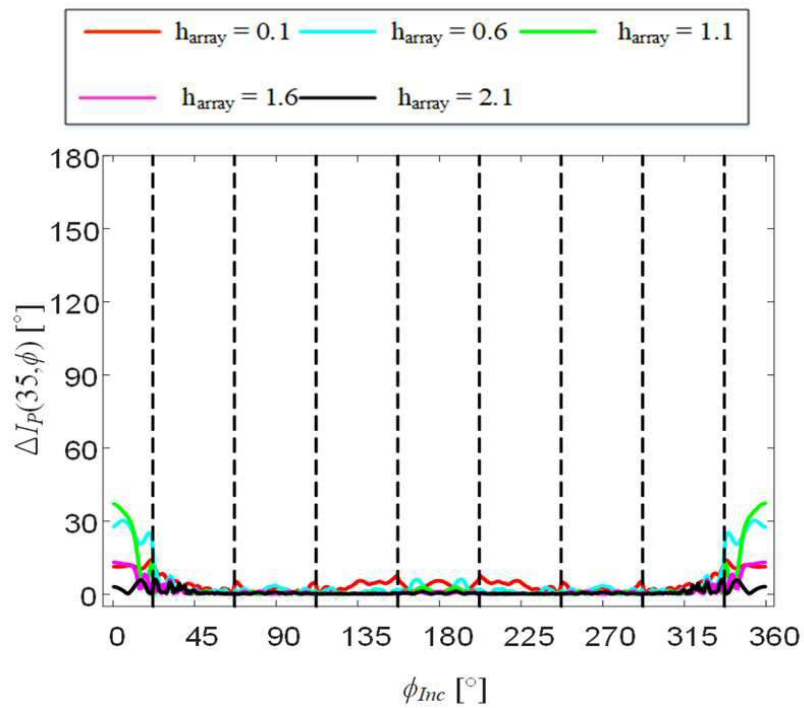
도면13b



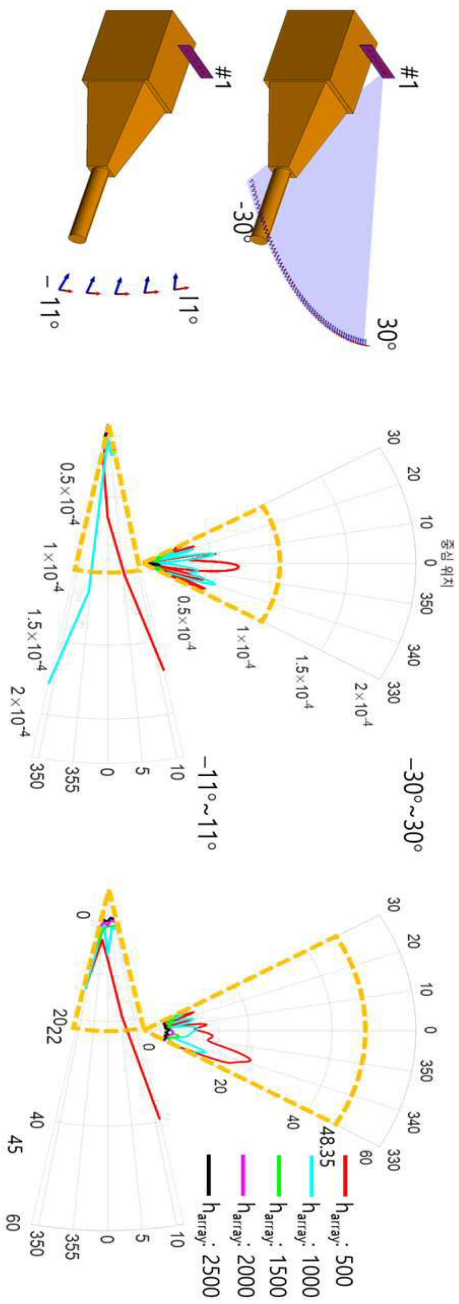
도면14a



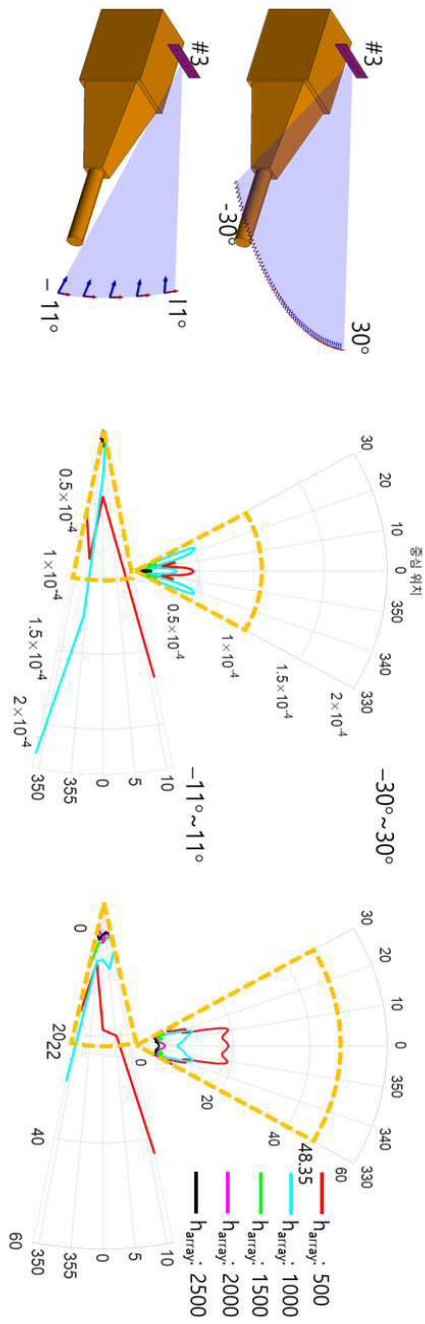
도면14b



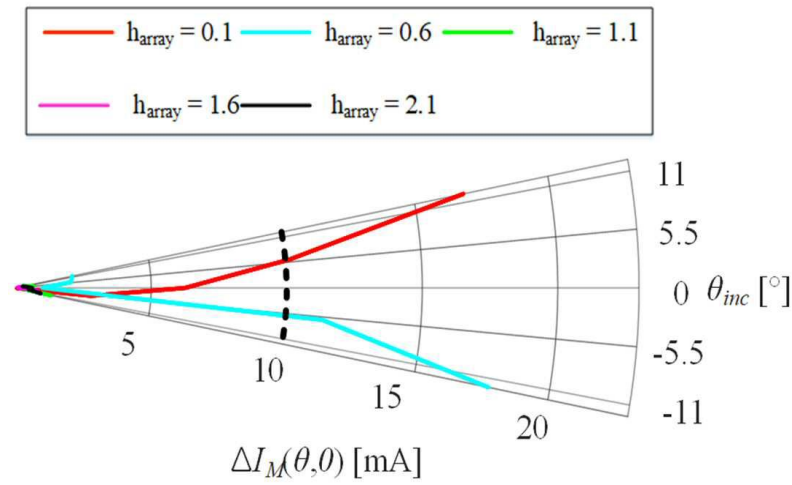
도면15a



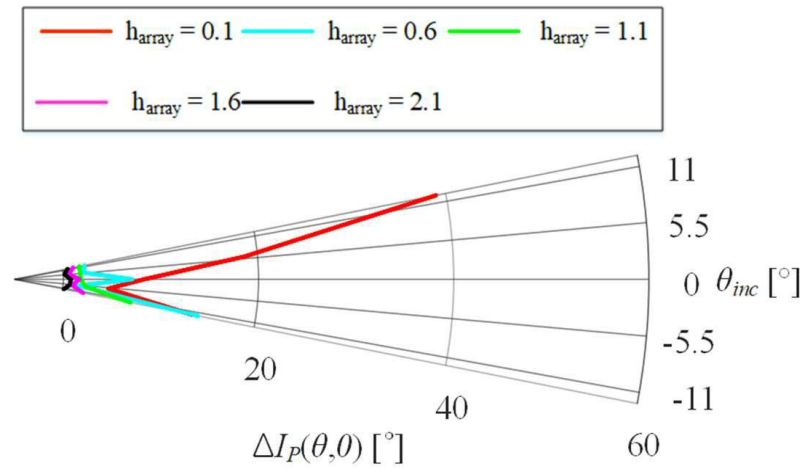
도면15b



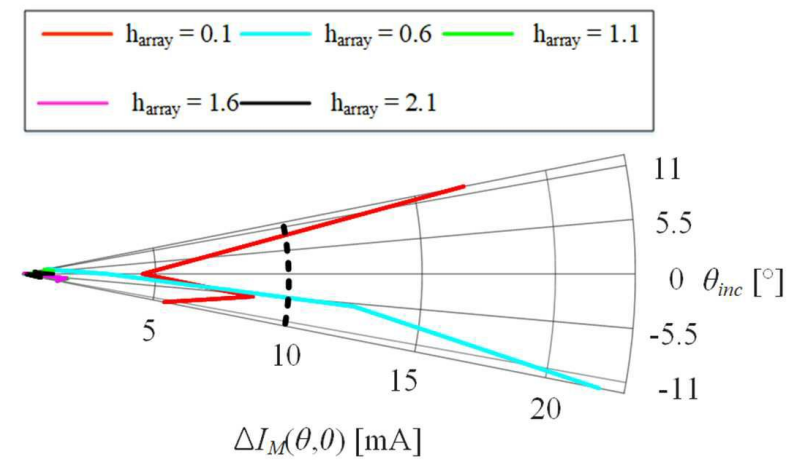
도면16a



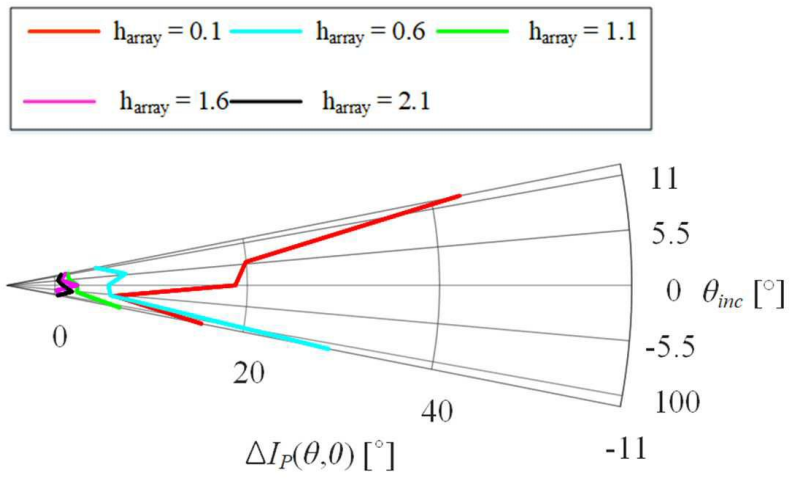
도면16b



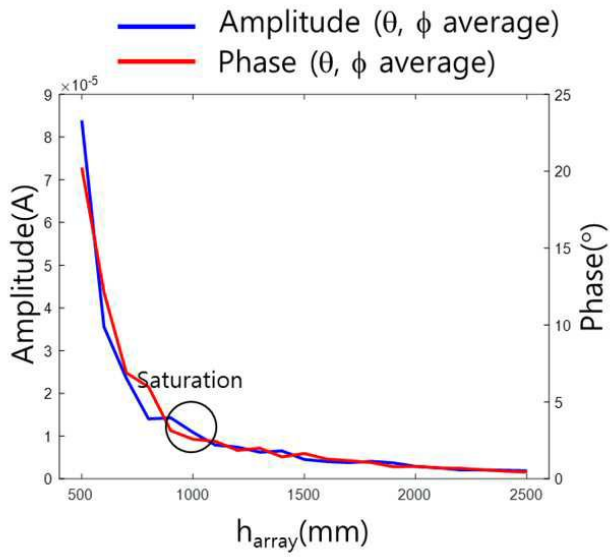
도면16c



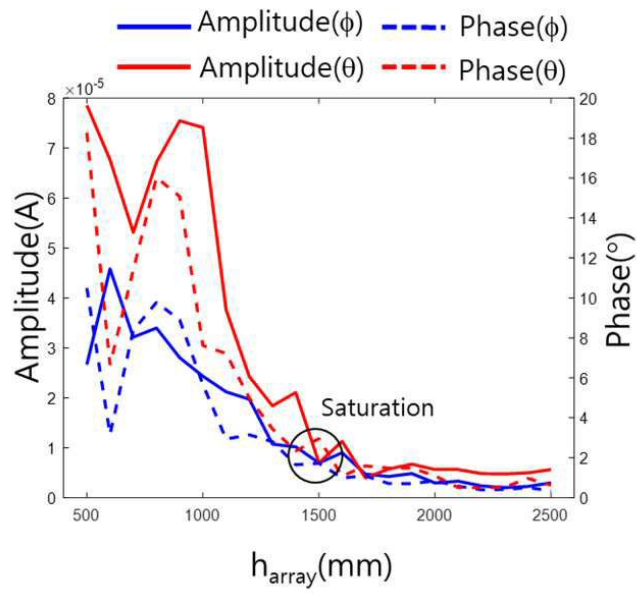
도면16d



도면17a



도면17b



도면18

