



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년11월29일
 (11) 등록번호 10-1803207
 (24) 등록일자 2017년11월23일

- | | |
|--|--------------------------|
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/08 (2017.01) | (73) 특허권자
홍익대학교 산학협력단 |
| (52) CPC특허분류
H04B 7/08 (2013.01) | (72) 발명자
추호성 |
| (21) 출원번호 10-2016-0131240 | |
| (22) 출원일자 2016년10월11일
심사청구일자 2016년10월11일 | |
| (56) 선행기술조사문헌
Shenghong Cao et al, "A Hadamard Product Based Method for DOA Estimation and Gain-Phase Error Calibration", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems(2013.04.05.)*
KR101306169 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌 | (74) 대리인
특허법인태백 |

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 김성태

(54) 발명의 명칭 **단일 방향 신호 측정 데이터를 이용한 어레이 매니폴드 보정 장치 및 그 방법**

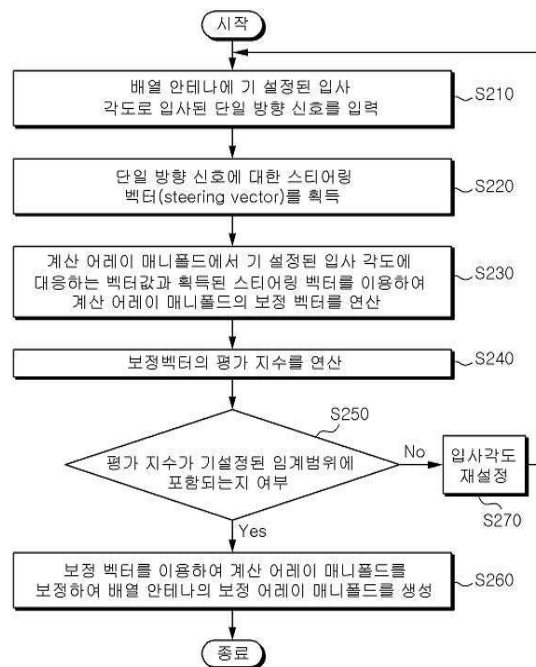
(57) 요약

본 발명은 단일 방향 신호 측정 데이터를 이용한 어레이 매니폴드 보정 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, 어레이 매니폴드 보정 장치를 이용한 어레이 매니폴드 보정 방법에 있어서, 어레이 매니폴드 보정 방법은 배열 안테나에 기 설정된 입사 각도로 입사된 단일 방향 신호를 입력받는 단계, 상기 단일 방향 신호

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



호에 대한 배열 안테나 시스템의 응답인 스티어링 벡터(steering vector)를 획득하는 단계, 상기 배열 안테나가 이상적으로 동작하는 경우의 모든 방향에 대한 위상 응답 특성의 집합인 계산 어레이 매니폴드에서 상기 기 설정된 입사 각도에 대응하는 벡터값과 상기 획득한 스티어링 벡터를 이용하여 상기 계산 어레이 매니폴드의 보정 벡터를 연산하는 단계, 그리고 상기 보정 벡터를 통해 상기 계산 어레이 매니폴드를 보정하여 상기 배열 안테나의 보정 어레이 매니폴드를 생성하는 단계를 포함한다.

이와 같이 본 발명에 따르면, 단일 방향 신호를 이용하여 어레이 매니폴드를 보정하므로 어레이 매니폴드 보정에 따른 연산량을 크게 줄일 수 있다. 또한, 단일 방향 신호를 이용하므로, 일정 간격의 측정 데이터 획득시 발생하는 오차가 생성되지 않으므로 어레이 매니폴드 보정의 정확도를 높일 수 있다.

(72) 발명자 강승석
 류성준

강명창

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2015R1A6A1A03031833
 부처명 교육부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 대학중점연구소지원사업
 연구과제명 메타물질 융합 핵심요소기술 연구
 기여율 1/2
 주관기관 홍익대학교 산학협력단
 연구기간 2015.09.01 ~ 2024.08.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 201401860002
 부처명 미래창조과학부 / 산업통상자원부 / 방위사업청
 연구관리전문기관 민군협력진흥원
 연구사업명 민군겸용기술개발사업
 연구과제명 유전/자성 소재와 메타구조/능동정합소자를 이용한 항재밍 GPS 배열안테나 소형화 기술 개발
 기여율 1/2
 주관기관 홍익대학교 산학협력단
 연구기간 2014.12.18 ~ 2017.12.17
 공지의외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

어레이 매니폴드 보정 장치를 이용한 어레이 매니폴드 보정 방법에 있어서,
 기 설정된 입사 각도로 배열 안테나에 입사된 단일 방향 신호를 입력받는 단계,
 상기 단일 방향 신호에 대한 배열 안테나 시스템의 응답인 스티어링 벡터(steering vector)를 획득하는 단계,
 상기 배열 안테나가 이상적으로 동작하는 경우의 모든 방향에 대한 위상 응답 특성의 집합인 계산 어레이 매니폴드에서 상기 기 설정된 입사 각도에 대응하는 벡터값과 상기 획득한 스티어링 벡터를 이용하여 상기 계산 어레이 매니폴드의 보정 벡터를 연산하는 단계,
 상기 보정 벡터를 이용하여 상기 보정 벡터의 평가 지수를 연산하는 단계,
 상기 평가 지수가 기 설정된 임계 범위에 포함되는지 여부를 판단하는 단계,
 상기 평가 지수가 기 설정된 임계 범위에 포함되지 않으면 상기 기 설정된 입사 각도를 재설정하는 단계, 그리고
 상기 평가 지수가 기 설정된 임계 범위에 포함되면 상기 보정 벡터를 통해 상기 계산 어레이 매니폴드를 보정하여 상기 배열 안테나의 보정 어레이 매니폴드를 생성하는 단계를 포함하는 어레이 매니폴드 보정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 보정 벡터를 연산하는 단계는,
 상기 연산된 스티어링 벡터에 상기 기 설정된 입사 각도에 대응하는 상기 계산 어레이 매니폴드의 벡터값을 하다마드 프로덕트(Hadamard Product) 연산을 이용하여 상기 계산 어레이 매니폴드에 대한 보정 벡터를 연산하는 어레이 매니폴드 보정 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 보정 벡터를 연산하는 단계는,
 아래의 수학적식을 이용하여 상기 계산 어레이 매니폴드에 대한 보정 벡터($\bar{V}_{N \times 1}$)를 연산하는 어레이 매니폴드 보정 방법:

$$\bar{V}_{N \times 1} = \bar{a}_{meas,i} \circ \bar{a}_{ideal,i}^* = [\Delta\Psi_1 \ \Delta\Psi_2 \ \dots \ \Delta\Psi_N]^T$$

여기서, N은 배열 안테나에 포함된 안테나 소자의 개수를 의미하고, i는 상기 기 설정된 입사 각도를 의미하고, $\bar{a}_{meas,i}$ 는 상기 단일 방향 신호에 대한 배열 안테나 시스템의 응답인 스티어링 벡터를 의미하고, $\bar{a}_{ideal,i}^*$ 는 상기 계산 어레이 매니폴드에서 상기 기 설정된 입사 각도에 대응하는 벡터값을 의미하고, $\Delta\Psi_n$ 은 n번째 안테나 소자의 보정 계수를 의미한다.

청구항 4

제3항에 있어서,
 상기 배열 안테나의 보정 어레이 매니폴드를 생성하는 단계는,

아래의 수학적식을 이용하여 상기 보정 어레이 매니폴드($\overline{A}_{proposed}$)를 생성하는 어레이 매니폴드 보정 방법:

$$\overline{A}_{proposed} = [\cdots \overline{V} \circ \overline{a}_{ideal,i} \cdots]_{N \times K}$$

여기서, K는 상기 계산 어레이 매니폴드의 스티어링 벡터의 개수를 의미한다.

청구항 5

삭제

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 평가 지수를 연산하는 단계는,

아래의 수학적식을 이용하여 상기 평가 지수($\sigma_{\overline{V}}$)를 연산하는 어레이 매니폴드 보정 방법:

$$\sigma_{\overline{V}} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N |\Delta\Psi_n - \mu_{\overline{V}}|^2}$$

$$\mu_{\overline{V}} = \sum_{n=1}^N \Delta\Psi_n$$

여기서, 이다.

청구항 7

기 설정된 입사 각도로 배열 안테나에 입사된 단일 방향 신호를 입력받는 입력부,

상기 단일 방향 신호에 대한 배열 안테나 시스템의 응답인 스티어링 벡터(steering vector)를 획득하는 획득부,

상기 배열 안테나가 이상적으로 동작하는 경우의 모든 방향에 대한 위상 응답 특성의 집합인 계산 어레이 매니폴드에서 상기 기 설정된 입사 각도에 대응하는 벡터값과 상기 획득한 스티어링 벡터를 이용하여 상기 계산 어레이 매니폴드의 보정 벡터를 연산하는 연산부,

상기 보정 벡터를 이용하여 상기 보정 벡터의 평가 지수를 연산하고, 상기 평가 지수가 기 설정된 임계 범위에 포함되는지 여부를 판단하는 판단부,

상기 평가 지수가 기 설정된 임계 범위에 포함되지 않으면 상기 기 설정된 입사 각도를 재설정하는 재설정부, 그리고

상기 평가 지수가 기 설정된 임계 범위에 포함되면 상기 보정 벡터를 통해 상기 계산 어레이 매니폴드를 보정하여 상기 배열 안테나의 보정 어레이 매니폴드를 생성하는 생성부를 포함하는 어레이 매니폴드 보정 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 연산부는,

상기 연산된 스티어링 벡터에 상기 기 설정된 입사 각도에 대응하는 상기 계산 어레이 매니폴드의 벡터값을 하다마드 프로덕트(Hadamard Product) 연산을 이용하여 상기 계산 어레이 매니폴드에 대한 보정 벡터를 연산하는 어레이 매니폴드 보정 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 연산부는,

아래의 수학적식을 이용하여 상기 계산 어레이 매니폴드에 대한 보정 벡터($\bar{V}_{N \times 1}$)를 연산하는 어레이 매니폴드 보정 장치:

$$\bar{V}_{N \times 1} = \bar{a}_{meas,i} \circ \bar{a}_{ideal,i}^* = [\Delta\Psi_1 \ \Delta\Psi_2 \ \dots \ \Delta\Psi_N]^T$$

여기서, N은 배열 안테나에 포함된 안테나 소자의 개수를 의미하고, i는 상기 기 설정된 입사 각도를 의미하고, $\bar{a}_{meas,i}$ 는 상기 단일 방향 신호에 대한 배열 안테나 시스템의 응답인 스티어링 벡터를 의미하고, $\bar{a}_{ideal,i}^*$ 는 상기 계산 어레이 매니폴드에서 상기 기 설정된 입사 각도에 대응하는 벡터값을 의미하고, $\Delta\Psi_n$ 은 n번째 안테나 소자의 보정 계수를 의미한다.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 생성부는,

아래의 수학적식을 이용하여 상기 보정 어레이 매니폴드($\bar{A}_{proposed}$)를 생성하는 어레이 매니폴드 보정 장치:

$$\bar{A}_{proposed} = [\dots \ \bar{V} \circ \bar{a}_{ideal,i} \ \dots]_{N \times K}$$

여기서, K는 상기 계산 어레이 매니폴드의 스티어링 벡터의 개수를 의미한다.

청구항 11

삭제

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 연산부는,

아래의 수학적식을 이용하여 상기 평가 지수($\sigma_{\bar{V}}$)를 연산하는 어레이 매니폴드 보정 장치:

$$\sigma_{\bar{V}} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N |\Delta\Psi_n - \mu_{\bar{V}}|^2}$$

$$\mu_{\bar{V}} = \sum_{n=1}^N \Delta\Psi_n$$

여기서, 이다.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 단일 방향 신호 측정 데이터를 이용한 어레이 매니폴드 보정 장치 및 그 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 단일 방향의 신호를 이용함으로써 어레이 매니폴드 보정 과정에서의 연산량을 감소시킴과 동시에 어레이 매니폴드의 보정 정확도를 향상시키기 위한 단일 방향 신호 측정 데이터를 이용한 어레이 매니폴드 보정 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 방향 탐지 시스템(direction finding system)은 배열 안테나를 이용하여 전파원의 방향을 탐지하기 위한 군사 항공 무기 분야에서 널리 사용되고 있다. 이러한 배열 안테나는 미리 저장된 어레이 매니폴드와 실시간 측정값을 비교함으로써 전파 방향을 결정하게 되는데, 실시간 측정값은 배열 안테나 소자간 상호 결합 효과 및 배열 안테나의 탑재체 등에 의해 쉽게 왜곡되며, 이로 인해 배열 안테나의 방향 탐지 정확도가 감소하게 된다. 이에 따라, 정확한 신호 도착 방향(direction of arrival, DOA) 측정을 위한 어레이 매니폴드의 보정에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.

[0003] 일반적으로 어레이 매니폴드의 보정 기법은 어레이 안테나를 중심으로 한 전 범위 방향에서 일정 간격의 입사각에 따라 입사되는 신호를 측정된 데이터를 이용하여 미리 저장된 어레이 매니폴드를 보정한다. 이러한 종래의 보정 기법은 일정 간격을 좁혀 측정된 데이터의 양을 늘림으로써 보정 정확도를 높일 수 있다.

[0004] 그러나, 배열 안테나가 큰 탑재체에 장착될 경우 다수의 방향으로부터 데이터를 획득하는 것이 불가능하다는 문제점이 있다. 또한, 측정되는 데이터의 신호 입사 각도의 간격을 일정하게 유지하지 못하면 보정 정확도가 낮아지게 되고, 데이터의 양을 늘려 보정 정확도를 높이게 되면 이에 소모되는 인력 및 시간 등이 급격히 증가하는 문제점이 발생한다.

[0005] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국등록특허 제10-1481064호(2015.01.12.공고)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 단일 방향의 신호를 이용함으로써 어레이 매니폴드 보정 과정에서의 연산량을 감소시키고 동시에 어레이 매니폴드의 보정 정확도를 향상시키기 위한 단일 방향 신호 측정 데이터를 이용한 어레이 매니폴드 보정 장치 및 그 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따르면 어레이 매니폴드 보정 장치를 이용한 어레이 매니폴드 보정 방법에 있어서, 어레이 매니폴드 보정 방법은 배열 안테나에 기 설정된 입사 각도로 입사된 단일 방향 신호를 입력받는 단계, 상기 단일 방향 신호에 대한 배열 안테나 시스템의 응답인 스티어링 벡터(steering vector)를 획득하는 단계, 상기 배열 안테나가 이상적으로 동작하는 경우의 모든 방향에 대한 위상 응답 특성의 집합인 계산 어레이 매니폴드에서 상기 기 설정된 입사 각도에 대응하는 벡터값과 상기 획득한 스티어링 벡터를 이용하여 상기 계산 어레이 매니폴드의 보정 벡터를 연산하는 단계, 그리고 상기 보정 벡터를 통해 상기 계산 어레이 매니폴드를 보정하여 상기 배열 안테나의 보정 어레이 매니폴드를 생성하는 단계를 포함한다.

[0008] 상기 보정 벡터를 연산하는 단계는, 상기 연산된 스티어링 벡터에 상기 기 설정된 입사 각도에 대응하는 상기 계산 어레이 매니폴드의 벡터값을 하다마드 프로덕트(Hadamard Product) 연산을 이용하여 상기 계산 어레이 매니폴드에 대한 보정 벡터를 연산할 수 있다.

[0009] 상기 보정 벡터를 연산하는 단계는, 아래의 수학적식을 이용하여 상기 계산 어레이 매니폴드에 대한 보정 벡터 ($\bar{V}_{N \times 1}$)를 연산할 수 있다.

[0010]
$$\bar{V}_{N \times 1} = \bar{a}_{meas,i} \circ \bar{a}_{ideal,i}^* = [\Delta\Psi_1 \ \Delta\Psi_2 \ \dots \ \Delta\Psi_N]^T$$

[0011] 여기서, N은 배열 안테나에 포함된 안테나 소자의 개수를 의미하고, i는 상기 기 설정된 입사 각도를 의미하고, $\bar{a}_{meas,i}$ 는 상기 단일 방향 신호에 대한 배열 안테나 시스템의 응답인 스티어링 벡터를 의미하고, $\bar{a}_{ideal,i}^*$ 는 상기 계산 어레이 매니폴드에서 상기 기 설정된 입사 각도에 대응하는 벡터값을 의미하고, $\Delta\Psi_n$ 은 n번째 안테나 소자의 보정 계수를 의미한다.

[0012] 상기 배열 안테나의 보정 어레이 매니폴드를 생성하는 단계는, 아래의 수학적식을 이용하여 상기 보정 어레이 매니폴드($\bar{A}_{proposed}$)를 생성할 수 있다.

[0013]
$$\bar{A}_{proposed} = [\cdots \bar{V} \circ \bar{a}_{ideal,i} \cdots]_{N \times K}$$

[0014] 여기서, K는 상기 계산 어레이 매니폴드의 스티어링 벡터의 개수를 의미한다.

[0015] 상기 보정 벡터를 이용하여 상기 보정 벡터의 평가 지수를 연산하는 단계, 상기 평가 지수가 기 설정된 임계 범위에 포함되는지 여부를 판단하는 단계 및 상기 평가 지수가 기 설정된 임계 범위에 포함되지 않으면 상기 기 설정된 입사 각도를 재설정하는 단계를 더 포함하며, 상기 보정 어레이 매니폴드를 생성하는 단계는, 상기 평가 지수가 기 설정된 임계 범위에 포함되면 상기 보정 어레이 매니 폴드를 생성할 수 있다.

[0016] 상기 평가 지수를 연산하는 단계는, 아래의 수학적식을 이용하여 상기 평가 지수($\sigma_{\bar{V}}$)를 연산할 수 있다.

[0017]
$$\sigma_{\bar{V}} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N |\Delta\Psi_n - \mu_{\bar{V}}|^2}$$

[0018]
$$\mu_{\bar{V}} = \sum_{n=1}^N \Delta\Psi_n$$
 여기서, 을 의미한다.

[0019] 본 발명의 다른 실시예에 따른 어레이 매니폴드 보정 장치는 배열 안테나에 기 설정된 입사 각도로 입사된 단일 방향 신호를 입력받는 입력부, 상기 단일 방향 신호에 대한 배열 안테나 시스템의 응답인 스티어링 벡터 (steering vector)를 획득하는 획득부, 상기 배열 안테나가 이상적으로 동작하는 경우의 모든 방향에 대한 위상 응답 특성의 집합인 계산 어레이 매니폴드에서 상기 기 설정된 입사 각도에 대응하는 벡터값과 상기 획득한 스티어링 벡터를 이용하여 상기 계산 어레이 매니폴드의 보정 벡터를 연산하는 연산부, 그리고 상기 보정 벡터를 통해 상기 계산 어레이 매니폴드를 보정하여 상기 배열 안테나의 보정 어레이 매니폴드를 생성하는 생성부를 포함한다.

발명의 효과

[0020] 이와 같이 본 발명에 따르면, 단일 방향 신호를 이용하여 어레이 매니폴드를 보정하므로 어레이 매니폴드 보정에 따른 연산량을 크게 줄일 수 있다. 또한, 단일 방향 신호를 이용하므로, 일정 간격의 측정 데이터 획득시 발생하는 오차가 생성되지 않으므로 어레이 매니폴드 보정의 정확도를 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 어레이 매니폴드 보정 장치의 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 어레이 매니폴드 보정 방법의 순서도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 평가 지수의 성능을 설명하기 위한 시뮬레이션 결과이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 보정 어레이 매니폴드의 방향 탐지 성능을 설명하기 위한 시뮬레이션 결과이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 보정 어레이 매니폴드의 방향 탐지 성능을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0023] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

[0024] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을

가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

- [0025] 우선, 도 1을 통해, 본 발명의 실시예에 따른 어레이 매니폴드 보정 장치에 대해 살펴보도록 한다. 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 어레이 매니폴드 보정 장치의 구성도이다.
- [0026] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 어레이 매니폴드 보정 장치(100)는 입력부(110), 획득부(120), 연산부(130) 및 생성부(140)를 포함하며, 판단부(150) 및 재설정부(160)를 더 포함할 수 있다.
- [0027] 먼저, 입력부(110)는 배열 안테나에 기 설정된 입사 각도로 입사된 단일 방향 신호를 입력받는다.
- [0028] 다음으로, 획득부(120)는 단일 방향 신호에 대한 배열 안테나 시스템의 응답인 스티어링 벡터(steering vector)를 획득한다.
- [0029] 다음으로, 연산부(130)는 배열 안테나가 이상적으로 동작하는 경우의 모든 방향에 대한 위상 응답 특성의 집합인 계산 어레이 매니폴드에서 상기 기 설정된 입사 각도에 대응하는 벡터값과 획득한 스티어링 벡터를 이용하여 계산 어레이 매니폴드의 보정 벡터를 연산한다.
- [0030] 이때, 연산부(130)는 연산된 스티어링 벡터에 기 설정된 입사 각도에 대응하는 계산 어레이 매니폴드의 벡터값을 하다마드 프로덕트(Hadamard Product) 연산을 이용하여 계산 어레이 매니폴드에 대한 보정 벡터를 연산한다.
- [0031] 다음으로, 생성부(140)는 보정 벡터를 통해 계산 어레이 매니폴드를 보정하여 배열 안테나의 보정 어레이 매니폴드를 생성한다. 이때, 생성부(140)는 하기 평가 지수가 기 설정된 임계 범위에 포함되면 보정 어레이 매니폴드를 생성할 수 있다.
- [0032] 다음으로, 판단부(150)는 보정 벡터를 이용하여 보정 벡터의 평가 지수를 연산한다. 그리고 판단부(150)는 평가 지수가 기 설정된 임계 범위에 포함되는지 여부를 판단한다.
- [0033] 다음으로, 재설정부(160)는 평가 지수가 기 설정된 임계 범위에 포함되지 않으면 기 설정된 입사 각도를 재설정한다.
- [0034] 이하에서는 도 2를 통해 본 발명의 실시예에 따른 어레이 매니폴드 보정 장치(100)를 이용한 어레이 매니폴드 보정 방법에 대해 살펴보도록 한다. 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 어레이 매니폴드 보정 방법의 순서도이다.
- [0035] 도 2에 도시된 바와 같이, 우선, 입력부(110)는 배열 안테나에 기 설정된 입사 각도로 입사된 단일 방향 신호를 입력받는다(S210).
- [0036] 여기서, 기 설정된 입사 각도로 입사된 단일 방향 신호란 배열 안테나의 평면상에 배열 안테나의 중심을 원점으로 한 가상의 3차원 좌표계를 설정하는 경우, 설정된 3차원 좌표계에 따른 수신 신호가 입사된 각도를 의미한다. 이때, 입사각은 가상의 3차원 좌표계에서, 수평축인 x축의 양의 방향을 기준으로 하는 방위각(azimuth)과 x축 및 y축이 이루는 수평을 기준으로 하는 양각(elevation)을 포함한다. 예를 들어, 기 설정된 입사 각도가 방위각 105도 및 양각 5도라고 가정한다. 그러면, 입력부(110)는 배열 안테나에 방위각 105도 및 양각 5도로 입사된 신호를 배열 안테나로부터 입력받을 수 있다.
- [0037] 다음으로, 획득부(120)는 단일 방향 신호에 대한 배열 안테나의 응답인 스티어링 벡터(steering vector)를 획득한다(S220). 스티어링 벡터를 획득하는 방법은 통상의 기술자에 자명한 사항이므로 구체적인 설명은 생략한다.
- [0038] 그러면, 연산부(130)는 계산 어레이 매니폴드에서 기 설정된 입사 각도에 대응하는 벡터값과 획득된 스티어링 벡터를 이용하여 계산 어레이 매니폴드의 보정 벡터를 연산한다(S230).
- [0039] 여기서, 계산 어레이 매니폴드란 배열 안테나가 이상적으로 동작하는 경우의 모든 방향에 대한 위상 응답 특성의 집합으로서, 배열 안테나 소자간의 비균일성, 상호 결합 효과(mutual coupling effect) 및 배열 안테나의 지지대(mast) 등에 의해 발생하는 오차를 고려하지 않는 배열 안테나로 입사되는 신호의 모든 입사각에 대한 스티어링 벡터의 집합을 말한다.
- [0040] 이때, 모든 방향이란, 방위각 0도에서 360도 및 양각 0도에서 180도에 포함되는 입사 방향을 의미한다. 그리고, 계산 어레이 매니폴드는 일정 간격에 따른 스티어링 벡터의 집합일 수 있다. 예를 들어, 일정 간격이 5도일 경우, 계산 어레이 매니폴드는 방위각 0도, 5도, 10도, ..., 355도 및 양각 0도, 5도, 10도, ..., 175도의 조합으로 구성되는 스티어링 벡터 집합일 수 있다.
- [0041] 본 발명의 실시예에 따르면, 계산 어레이 매니폴드는 배열 안테나 설계시 안테나 소자의 배열 등을 고려하여 생성될 수 있으며, 본 발명의 실시예에 따른 어레이 매니폴드 보정 장치(100)에 기 저장되거나 외부 단말로부터

입력받을 수 있다.

[0042] 그리고, 보정 벡터는 상기에서 설명한 배열 안테나 소자간의 비균일성, 상호 결합 효과(mutual coupling effect) 및 배열 안테나의 지지대(mast) 등에 의해 발생하는 오차를 보정하기 위한 벡터를 의미한다. 즉, 보정 벡터는 배열 안테나 시스템에 의한 신호 왜곡을 보상하기 위한 벡터를 말한다.

[0043] 구체적으로, 연산부(130)는 연산된 스티어링 벡터에 기 설정된 입사 각도에 대응하는 계산 어레이 매니폴드의 벡터값을 하다마드 프로덕트(Hadamard Product) 연산을 이용하여 계산 어레이 매니폴드에 대한 보정 벡터를 연산한다.

[0044] 예를 들어, 기 설정된 입사 각도가 방위각 105도 및 양각 5도라고 가정한다. 그러면, 연산부(130)는 계산 어레이 매니폴드에서 방위각 105도 및 양각 5도에 대응하는 벡터값을 추출하고, 계산 어레이 매니폴드로부터 추출한 벡터값과 입력받은 방위각 105도 및 양각 5도의 단일 방향 신호에 대한 스티어링 벡터를 하다마드 프로덕트 연산하여 보정 벡터를 연산한다.

[0045] 이때, 연산부(130)는 아래의 수학적 식 1을 이용하여 계산 어레이 매니폴드에 대한 보정 벡터($\bar{V}_{N \times 1}$)를 한다.

수학적 식 1

[0046]
$$\bar{V}_{N \times 1} = \bar{a}_{meas,i} \circ \bar{a}_{ideal,i}^* = [\Delta\Psi_1 \ \Delta\Psi_2 \ \dots \ \Delta\Psi_N]^T$$

[0047] 여기서, N은 배열 안테나에 포함된 안테나 소자의 개수를 의미하고, i는 기 설정된 입사 각도를 의미하고, $\bar{a}_{meas,i}$ 는 단일 방향 신호에 대한 배열 안테나 시스템의 응답인 스티어링 벡터를 의미하고, $\bar{a}_{ideal,i}^*$ 는 계산 어레이 매니폴드에서 기 설정된 입사 각도에 대응하는 벡터값을 의미하고, $\Delta\Psi_n$ 은 n번째 안테나 소자의 보정 계수를 의미한다.

[0048] 다음으로, 판단부(150)는 보정 벡터를 이용하여 보정 벡터의 평가 지수를 연산한다(S240).

[0049] 구체적으로, 판단부(150)는 보정 벡터의 표준 편차를 이용하여 평가 지수를 연산하며, 아래의 수학적 식 2를 이용하여 평가 지수($\sigma_{\bar{V}}$)를 연산한다.

수학적 식 2

[0050]
$$\sigma_{\bar{V}} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N |\Delta\Psi_n - \mu_{\bar{V}}|^2}$$

[0051] 여기서, $\mu_{\bar{V}} = \sum_{n=1}^N \Delta\Psi_n$ 이다.

[0052] 그러면, 판단부(150)는 평가 지수가 기 설정된 임계 범위에 포함되는지 여부를 판단한다(S250). 이때, 기 설정된 임계 범위는 배열 안테나의 형상 정보등을 이용하여 통상의 기술자에 의해 설계변경이 가능하다.

[0053] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 어레이 매니폴드 보정 장치(100)를 이용한 어레이 매니폴드 보정 방법은 단일 방향 신호(기 설정된 입사 각도로 입사된 신호)를 이용하는 바, 단일 방향 신호의 입사 각도를 설정에 따라 보정 어레이 매니폴드의 방향 탐지 정확도에 차이가 발생할 수 있다.

[0054] 그러므로, 판단부(150)는 상기의 수학적 식 2에 의해 연산된 평가 지수를 이용함으로써 보정 어레이 매니폴드의 방향 탐지 정확도를 향상시킬 수 있다.

[0055] S250 단계의 판단 결과, 평가 지수가 기 설정된 임계 범위에 포함되면, 생성부(140)는 연산된 보정 벡터를 통해 계산 어레이 매니폴드를 보정하여 배열 안테나의 보정 어레이 매니폴드를 생성한다(S260).

[0056] 구체적으로, 생성부(140)는 아래의 수학적 식 3을 이용하여 보정 어레이 매니폴드($\overline{A}_{proposed}$)를 생성한다.

수학적 식 3

[0057]
$$\overline{A}_{proposed} = [\cdots \overline{V} \circ \overline{a}_{ideal,i} \cdots]_{N \times K}$$

[0058] 여기서, K는 계산 어레이 매니폴드의 스티어링 벡터의 개수를 의미한다.

[0059] 반면, S250 단계의 판단 결과, 평가 지수가 기 설정된 임계 범위에 포함되지 않으면, 재설정부(160)는 기 설정된 입사 각도를 재설정한다(S270). 그리고 본 발명의 실시예에 따른 어레이 매니폴드 보정 장치(100)는 재설정된 입사 각도에 따라 상기 S210 단계부터 어레이 매니폴드 보정 방법에 따른 프로세스를 재수행한다.

[0060] 이하에서는 도 3 내지 도 5를 통해 본 발명의 시뮬레이션 결과에 대해 살펴보도록 한다. 도 3 내지 도 5의 시뮬레이션에서는 GPS L1 대역에서 동작하는 7개 안테나 소자가 원형으로 배치된 배열 안테나를 이용하였다.

[0061] 우선, 도 3을 통해 본 발명의 실시예에 따른 평가 지수의 성능에 대해 살펴보도록 한다. 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 평가 지수의 성능을 설명하기 위한 시뮬레이션 결과이다. 도 3의 (a)는 전 방향(방위각 $0 \leq \phi_{ob} < 360$,仰각 $0 \leq \theta_{ob} < 180$)에서의 평가 지수의 분포 패턴을 나타내며, 도 3의 (b)는 전 방향에서의 방향 탐지 오차의 분포 패턴을 나타낸다.

[0062] 도 3에서 나타난 바와 같이, 평가 지수의 분포 패턴과 방향 탐지 오차의 분포 패턴이 매우 유사한 형태로 형성되어 있음을 알 수 있다. 따라서, 보정 어레이 매니폴드를 생성하기 전 평가 지수를 이용함으로써 보정 어레이 매니폴드의 방향 탐지 정확도를 사전에 예측할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0063] 다음으로, 도 4를 통해 본 발명의 실시예에 따른 보정 어레이 매니폴드의 방향 탐지 성능에 대해 살펴보도록 한다. 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 보정 어레이 매니폴드의 방향 탐지 성능을 설명하기 위한 시뮬레이션 결과이다. 도 4의 (a)는 10개의 서로 다른 입사 각도로 측정된 신호의 스티어링 벡터를 이용하여 종래의 보정 기법에 따라 계산 어레이 매니폴드를 보정한 경우의 방향 탐지 정확도를 나타내고, 도 4의 (b)는 본 발명의 실시예에 따른 보정 어레이 매니폴드의 방향 탐지 정확도를 나타낸다. 도 5에서 실제 신호는 양각(θ) 105도, 방위각(ϕ) 90도의 입사 각도로 입사되었다.

[0064] 도 4의 (a)에 나타난 바와 같이, 종래의 어레이 매니폴드 보정 기법을 이용한 경우, 실제 신호에 대한 방향 탐지 결과는 양각 45도, 방위각 240도로, 약 113.7도의 방향 탐지 오차를 가진다.

[0065] 그러나 도 4의 (b)에 나타난 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 어레이 매니폴드 보정 방법을 이용한 경우, 실제 신호에 대한 방향 탐지 결과는 방향 탐지 오차가 5.2도로, 종래의 어레이 매니폴드 보정 기법에 비해 방향 탐지 정확도가 크게 향상된 것을 알 수 있다.

[0066] 다음으로, 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 보정 어레이 매니폴드의 방향 탐지 성능을 설명하기 위한 도면이다. 도 6의 (a)는 측정 데이터(계산 어레이 매니폴드를 보정하는데 이용되는 서로 다른 입사 각도로 측정된 신호의 스티어링 벡터)의 수에 따른 방향 탐지 정확도의 변화를 나타내고, 도 5의 (b)는 이격이 90도인 경우에 있어 입사각 중 방위각에 따른 방향 탐지 정확도의 변화를 나타낸다.

[0067] 도 5의 (a)에 나타난 바와 같이, 측정 데이터를 획득하는 방향의 이격($\Delta\Omega$)을 늘릴수록 측정 데이터의 수가 감소하게 되는데, 종래 어레이 매니폴드 보정 기법의 경우 이격이 50도가 넘어가면 방향 탐지 성능이 급격히 열화되는 것을 알 수 있다.

[0068] 하지만, 본 발명의 실시예에 따른 어레이 매니폴드 보정 방법에 따르면, 하나의 측정 데이터를 이용하므로 일관된 방향 탐지 정확도를 보여준다. 이격이 50도 이하인 경우 종래 기술이 미소하게 좋은 방향 탐지 정확도를 보여주나 이 경우 처리해야 하는 데이터의 양이 늘어나므로 본 발명의 실시예에 따른 보정 기법을 이용함이 이득임을 알 수 있다.

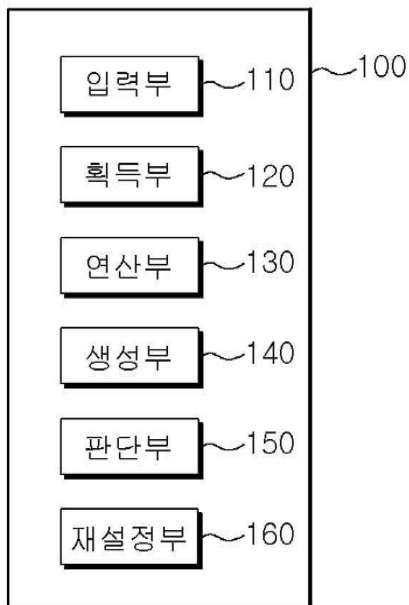
- [0069] 그리고, 도 5의 (b)에 나타난 바와 같이, 이격이 90도인 경우 종래 어레이 매니폴드 보정 기법에 따른 방향 탐지 정확도는 방위각에 따라 급변하는 반면, 본 발명의 실시예에 따른 어레이 매니폴드 보정 방법에 따르면 방위각의 변화와 무관하게 고른 위상 편차를 출력함을 알 수 있다.
- [0070] 본 발명의 실시예에 따르면, 단일 방향 신호를 이용하여 어레이 매니폴드를 보정하므로 어레이 매니폴드 보정에 따른 연산량을 크게 줄일 수 있다. 또한, 단일 방향 신호를 이용하므로, 일정 간격의 측정 데이터 획득시 발생하는 오차가 생성되지 않으므로 어레이 매니폴드 보정의 정확도를 높일 수 있다.
- [0071] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

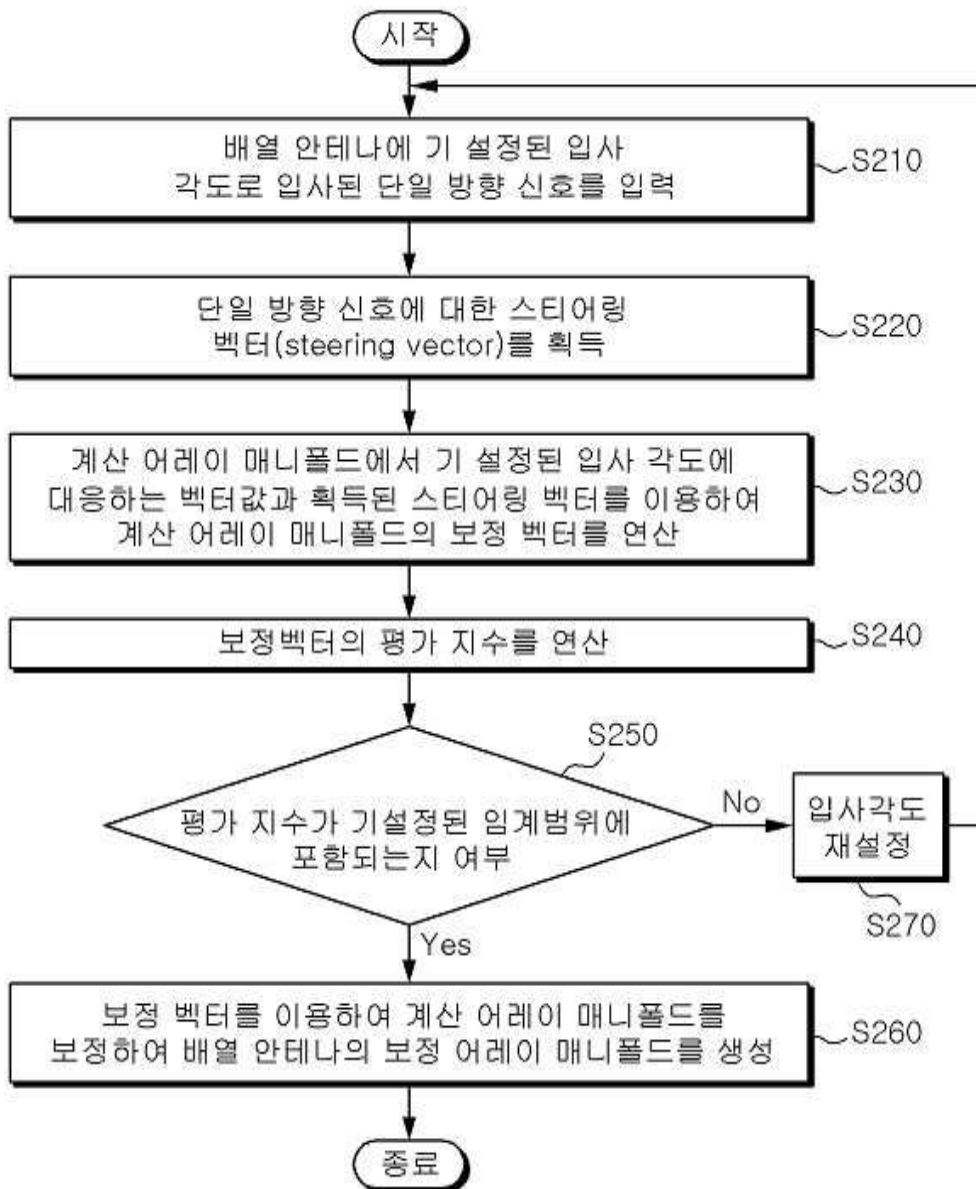
- [0072] 100 : 어레이 매니폴드 보정 장치 110 : 입력부
- 120 : 획득부 130 : 연산부
- 140 : 생성부 150 : 판단부
- 160 : 재설정부

도면

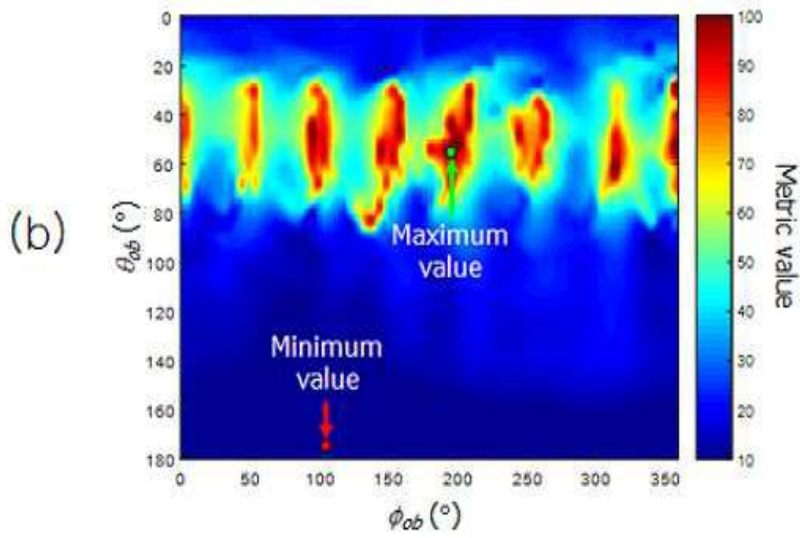
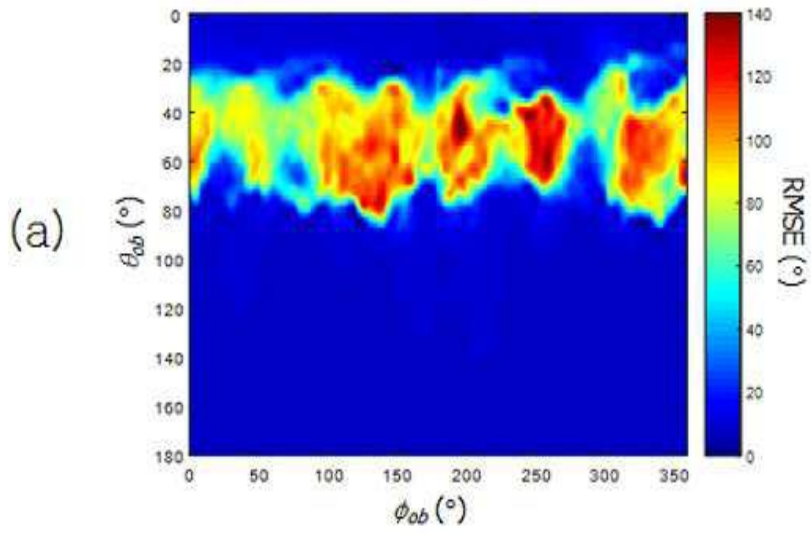
도면1



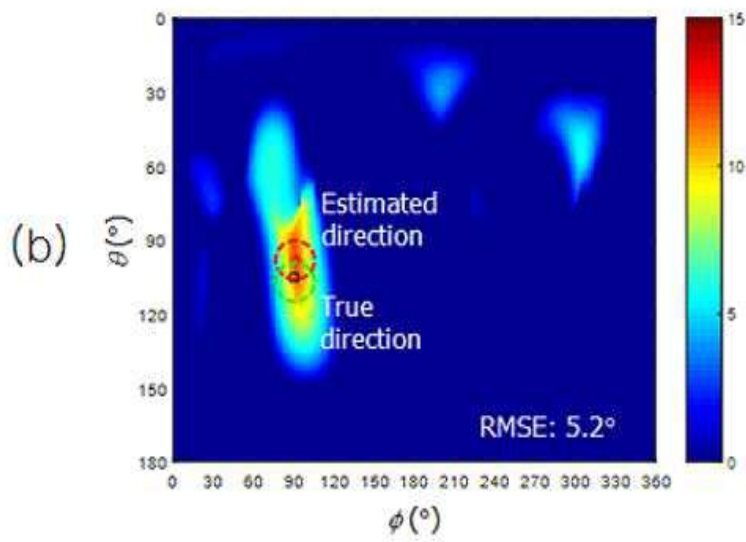
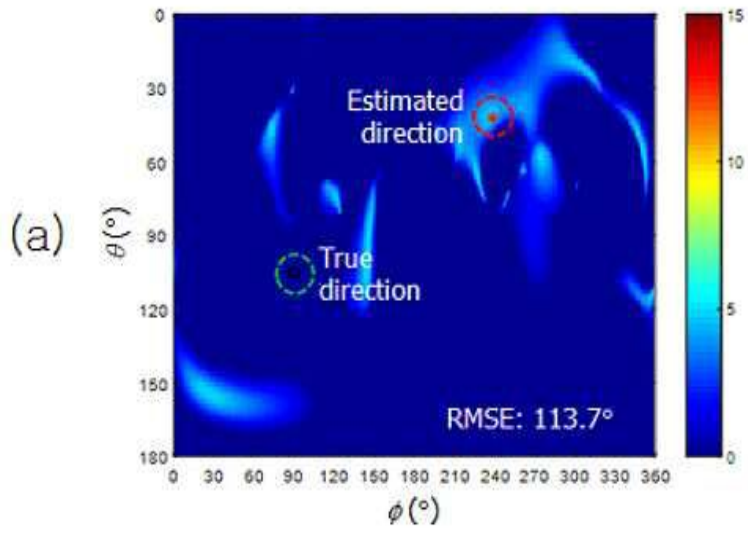
도면2



도면3



도면4



도면5

