



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0034631
(43) 공개일자 2017년03월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04B 7/08 (2017.01)

(52) CPC특허분류

H04B 7/0868 (2013.01)

H04B 7/084 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0133152

(22) 출원일자 2015년09월21일

심사청구일자 2015년09월21일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

고영채

서울특별시 강남구 일원로 127, 107동 301호 (일원동, 가람아파트)

조성경

서울특별시 성북구 안암로9가길 80-8, 302호 (안암동5가)

(74) 대리인

특허법인엠에이피에스

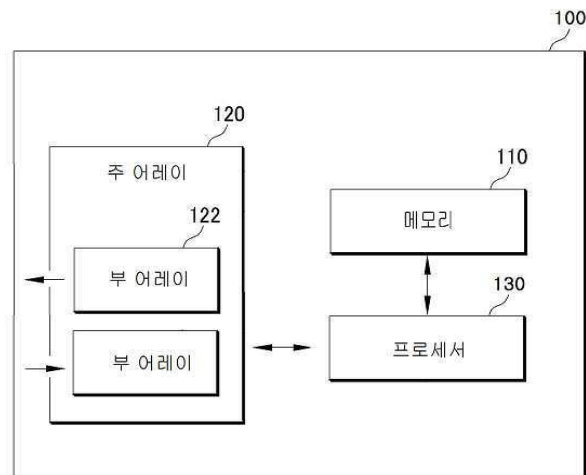
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 하이브리드 빔포밍 시스템 및 하이브리드 빔포밍 시스템이 포함하는 안테나의 도래각 추정 방법

(57) 요약

본 발명은 하이브리드 빔포밍 시스템 및 방법을 개시한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드 빔포밍 시스템은 복수의 부 어레이를 포함하는 주 어레이; 주 어레이를 통하여 수신한 신호를 기초로 부 어레이의 도래각을 추정하여 위상 변환값을 획득하기 위한 프로그램이 저장된 메모리; 및 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함한다. 이때, 프로세서는 프로그램의 실행에 따라, 부 어레이의 신호에 대하여 공분산 값을 산출하고, 공분산 값을 기초로 상기 부 어레이의도래각을 추정하고, 상기 추정된 도래각을 기초로 부 어레이의 위상 변환값을 획득한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711026822

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신산업진흥원

연구사업명 스마트한 주파수 이용을 위한 스펙트럼 및 전파기술

연구과제명 스마트한 주파수 이용을 위한 스펙트럼 및 전파기술

기 여 율 1/1

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2014.06.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

하이브리드 빔포밍 시스템에 있어서

복수의 부 어레이를 포함하는 주 어레이;

상기 주 어레이를 통하여 수신한 신호를 기초로 상기 부 어레이의 도래각을 추정하고, 상기 부 어레이의 위상 변환값을 획득하기 위한 프로그램이 저장된 메모리; 및

상기 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함하되,

상기 프로세서는 상기 프로그램의 실행에 따라, 상기 부 어레이의 신호에 대하여 공분산 값을 산출하고, 상기 공분산 값을 기초로 상기 부 어레이의 도래각을 추정하고, 상기 추정된 도래각을 기초로 상기 부 어레이의 위상 변환값을 획득하는 하이브리드 빔포밍 시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 프로세서는, 각 부 어레이에 포함된 각 안테나로부터 출력되는 신호를 합산하는 합성기를 더 포함하는 것인, 하이브리드 빔포밍 시스템.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 부 어레이는

동심원상에 동일한 간격으로 배치되며,

상기 각 부어레이에 포함된 복수의 안테나는 원중심이 동일하나 서로 다른 지름을 갖는 동심원상에 배열되는 것인, 하이브리드 빔포밍 시스템.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 부어레이에 포함된 복수의 안테나는 일직선상에 일정한 간격으로 이격되어 배열된 것인, 하이브리드 빔포밍 시스템.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 부 어레이의 신호를 일정 시간동안 수집하고, 수집된 신호의 평균값에 대하여 공분산 값을 산출하는 것인, 하이브리드 빔포밍 시스템.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 부 어레이의 신호로부터 상기 위상 변환값과 도래각의 관계를 나타내는 제 1방정식

$$\alpha_i = -\frac{2\pi}{\lambda} r_i (\sin\theta_0 \cos(\phi_0 - \phi_m))$$

을 획득하는 것인, 하이브리드 빔포밍 시스템.

(여기서, α_i 는 위상 변환값, r_i 는 신호의 파장 길이는 각 안테나가 배치되는 동심원의 중심으로부터 각 안테나까지의 거리, θ 는 도래각에 포함되는 양각이며, ϕ 는 도래각에 포함되는 방위각을 의미하며, $\sin\theta_0 \cos(\phi_0 - \phi_m)$ 는 m번째 부 어레이의 도래각에 대한 삼각함수값을 나타냄)

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 부 어레이의 신호로부터 공분산 값과 도래각의 관계를 나타내는 제 2

방정식 $\sin\theta \cos(\phi - \phi_m) = \frac{\lambda}{2\pi d} \cos^{-1} \left(\frac{\sqrt{E\{s_m(t)s_m^*(t)\}}}{2} \right)$ 을 획득하는 것인, 하이브리드 빔포밍 시스템.

(여기서, $s_m(t)$ 는 m번째 부어레이의 신호, $\sqrt{E\{s_m(t)s_m^*(t)\}}$ 는 m번째 부어레이 신호의 공분산 값, $d = r_1 - r_2 = r_2 - r_3$ 을 나타냄.)

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 제 1 방정식에 대하여 상기 제 2 방정식으로부터 획득한 도래각에 대한 삼각함수값을 대입하여 위상 변환 값을 산출하는 것인, 하이브리드 빔포밍 시스템.

청구항 9

하이브리드 빔포밍 시스템에 포함되는 안테나의 도래각 추정 방법에 있어서,

복수의 부 어레이를 포함하는 주 어레이를 통하여 수신한 신호 중 부 어레이의 신호에 대하여 공분산 값을 산출하는 단계;

상기 공분산 값을 기초로 상기 부 어레이의 도래각을 추정하는 단계; 및

상기 추정된 도래각을 기초로 상기 부 어레이의 위상 변환값을 획득하는 단계를 포함하는 도래각 추정 방법.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 공분산 값을 산출하는 단계는

상기 부 어레이의 신호를 일정 시간동안 수집하고, 수집된 신호의 평균값에 대하여 공분산 값을 산출하는 것인, 도래각 추정 방법.

청구항 11

제 9항에 있어서,

상기 부 어레이는

동심원상에 동일한 간격으로 배치되며,

상기 각 부어레이에 포함된 복수의 안테나는 원중심이 동일하나 서로 다른 지름을 갖는 동심원상에 배열되는 것인, 도래각 추정 방법.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 부어레이에 포함된 복수의 안테나는 일직선상에 일정한 간격으로 이격되어 배열된 것인, 도래각 추정 방법.

청구항 13

제 9항 내지 제 12항 중 어느 하나의 항에 기재된 방법을 컴퓨터 상에서 수행하기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 하이브리드 빔포밍 시스템 및 하이브리드 빔포밍 시스템이 포함하는 안테나의 도래각 추정 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 하이브리드 빔포밍 시스템은 RF단에서 고이득을 획득하는 아날로그 빔포밍을 적용하고, 다중입출력(MIMO)이 가능한 복수의 안테나를 사용하여 디지털 빔포밍을 적용하여 경로 손실 문제 해결 및 채널 용량을 극대화하는 기술이다.

[0003] 다만, 하이브리드 빔포밍 시스템은 복수의 안테나에 대한 결합신호인 부 어레이의 신호로부터 도래각을 추정해야 한다.

[0004] 종래의 도래각 추정 알고리즘들은 아날로그 빔포밍을 위한 것이기 때문에 도래각 추정시 안테나 각각의 신호를 사용하여 추정하고, 신호를 독립적으로 사용할 수 있기 때문에 각 신호의 상관값 등을 이용하여 추정한다.

[0005] 그러나, 하이브리드 빔포밍 시스템에서는 여러 개의 안테나로 구성된 하나의 안테나 어레이로 구성되기 때문에 여러 개의 안테나 신호가 합쳐진 신호를 가지고 도래각을 추정해야 한다.

[0006] 그에 따라, 종래의 도래각 추정 방법이 하이브리드 빔포밍 시스템에 대해서는 적용이 불가하다.

[0007] 한편, 대한민국공개특허 제10-2013-0053156호(발명의 명칭: 아날로그 및 디지털 하이브리드 빔포밍을 통한 통신 방법 및 장치)는 MIMO/BF(BeamForming) 운용을 통해 초고주파 대역에서의 큰 전파손실을 극복함과 동시에 시스템 효율/다이버시티 성능 등을 극대화하는 통신 방법 및 장치를 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 원형 배열된 주 어레이로부터 복수의 부 어레이를 구성하고, 부 어레이의 신호에 대하여 공분산 값을 획득하고, 공분산 값에 기초하여 도래각을 추정하고, 추정된 도래각으로부터 부 어레이에 대한 위상 변환값을 획득하는 하이브리드 빔포밍 시스템 및 하이브리드 빔포밍 시스템이 포함하는 안테나의 도래각 추정 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0009] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 더 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드 빔포밍 시스템은 복수의 부 어레이를 포함하는 주 어레이; 상기 주 어레이를 통하여 수신한 신호를 기초로 상기 부 어레이의 도래각을 추정하여 위상 변환값을 획득하기 위한 위한 프로그램이 저장된 메모리; 및 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함한다.

[0011] 이때, 프로세서는 프로그램의 실행에 따라, 상기 부 어레이의 신호에 대하여 공분산 값을 산출하고, 상기 공분산 값을 기초로 상기 부 어레이의 도래각을 추정하고, 상기 추정된 도래각을 기초로 상기 부 어레이의 위상 변

환값을 획득한다.

- [0012] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드 빔포밍 시스템을 이용한 방법은 복수의 부 어레이를 포함하는 주 어레이를 통하여 수신한 신호 중 부 어레이의 신호에 대하여 공분산 값을 산출하는 단계; 상기 공분산 값을 기초로 상기 부 어레이의 도래각을 추정하는 단계; 상기 추정된 도래각을 기초로 상기 부 어레이의 위상 변환값을 획득하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드 빔포밍 시스템은 여러 개의 안테나로 구성된 각 부 어레이의 신호로부터 도래각을 추정할 수 있어, 부 어레이 빔들에 대한 그레이팅 로브를 없앨 수 있으므로, 시스템 운용효율을 향상시킬 수 있다.
- [0014] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면 부 어레이의 신호를 일정시간 수집하고, 수집된 신호에 대한 평균값에 대하여 공분산 값을 산출함으로써, 좀더 정확한 도래각의 추정이 가능할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드 빔포밍 시스템의 간략한 구성도 이다.
- 도 2는 본 발명의 일예에 따른 하이브리드 빔포밍 시스템을 구체적으로 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일예에 따른 부 어레이를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드 빔포밍 시스템을 이용한 빔포밍 방법의 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 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.
- [0017] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미하며, 하나 또는 그 이상의 다른 특징이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0018] 이하의 실시예는 본 발명의 이해를 돕기 위한 상세한 설명이며, 본 발명의 권리 범위를 제한하는 것이 아니다. 따라서 본 발명과 동일한 기능을 수행하는 동일 범위의 발명 역시 본 발명의 권리 범위에 속할 것이다.
- [0019] 본 발명은 원형배열 안테나인 주 어레이에 대하여 부 어레이를 구성하고, 부 어레이를 구성하는 복수의 안테나를 통해 신호를 송수신하는 하이브리드 빔포밍 시스템에서 도래각을 추정하는 방법을 제공한다.
- [0020] 즉, 본 발명은 부 어레이에 대한 도래각을 추정하기 위한 방법을 제공한다.
- [0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드 빔포밍 시스템의 간략한 구성도이다.
- [0022] 도 1에 도시된 바와 같이, 하이브리드 빔포밍 시스템(100)은 메모리(110), 주 어레이(120), 부 어레이(122), 프로세서(130)를 포함한다.
- [0023] 다만 이러한 도 1의 하이브리드 빔포밍 시스템(100)은 본 발명의 일 실시예에 불과하므로 도 1을 통해 본 발명이 한정 해석되는 것은 아니다. 즉, 본 발명의 다양한 실시예들에 따르면, 하이브리드 빔포밍 시스템(100)은 도 1과 다르게 구성될 수 있다.
- [0024] 메모리(110)에는 주 어레이를 통하여 수신한 신호를 기초로 부 어레이의 도래각을 추정하여 위상 변환값을 획득하고, 획득된 위상 변환값에 따라 부 어레이의 위상을 변경하기 위한 프로그램(이하에서는, '도래각 추정 프로그램'이라 지칭함)이 저장된다.

- [0025] 메모리(110)는 콤팩트 플래시(CF: Compact flash) 카드, SD(SD: Secure digital) 카드, 메모리 스틱(Memory stick), 솔리드 스테이트 드라이브(Solid-state drive; SSD), 마이크로SD 카드(Micro SD)등과 같은 낸드 플래시 메모리(NAND flash memory), 하드 디스크 드라이브(hard disk drive; HDD) 등과 같은 마그네틱 컴퓨터 기억 장치, CD-ROM, DVD-ROM 등과 같은 광학 디스크 드라이브(optical disc drive) 등을 포함할 수 있다. 또한, 저장부(110)에 저장된 범죄 탐지 프로그램은 소프트웨어 또는 FPGA(Field Programmable Gate Array) 또는 ASIC(Application Specific Integrated Circuit)와 같은 하드웨어 형태로 구현될 수 있으며, 소정의 역할들을 수행할 수 있다.
- [0026] 주 어레이(120)는 복수의 부 어레이를 포함한다.
- [0027] 주 어레이(120)는 다중 입출력이 가능한 다중 빔 안테나로 안테나의 복사면을 움직이지 않고 다중 급전단을 사용하여 다수의 주 빔을 생성시킬 수 있는 안테나일 수 있다. 이때, 주 어레이(120)는 각 입력 급전단과 각 주 빔은 1:1의 관계에 있으며, 주 빔이 지시하는 특정 방향으로 특성화될 수 있다.
- [0028] 또한, 주 어레이(120)는 원주 상에 안테나 소자를 일정한 간격으로 배열시킨 원형 배열 안테나 어레이일 수 있다.
- [0029] 부 어레이(122)는 주 어레이(120)의 동심원 상에서 동일한 간격으로 배치되며, 각 부 어레이에 포함된 복수의 안테나는 원중심이 동일하나 서로 다른 지름을 갖는 동심원 상에 배열될 수 있다.
- [0030] 이때, 부 어레이(122)에 포함된 복수의 안테나는, 일직선 상에 일정한 간격으로 이격되어 배열된 것일 수 있다. 이는 도 3을 통해 구체적으로 설명하도록 한다.
- [0031] 프로세서(120)는 메모리(110)에 저장된 도래각 추정 프로그램을 실행한다.
- [0032] 프로세서(130)는 프로그램의 실행에 따라, 부 어레이의 신호에 대하여 공분산 값을 산출하고, 공분산 값을 기초로 부 어레이의 도래각을 추정하고, 추정된 도래각을 기초로 부 어레이의 위상 변환값을 획득한다.
- [0033] 프로세서(130)는 공분산 값의 산출시, 좀더 정교한 도래각 추정을 위해, 부 어레이의 신호를 일정 시간동안 수집한 후, 수집된 신호의 평균값에 대하여 공분산 값을 구할 수 있다.
- [0034] 여기서, 부어레이의 신호는 프로세서(130) 내 별도의 합성기를 통해 복수의 안테나로부터 위상 변위되어 출력되는 신호 중 부 어레이 단위로 합산하여 산출되는 신호이다.
- [0035] 프로세서(130)는 부 어레이의 신호로부터 위상 변환값과 도래각의 관계를 나타내는 제 1방정식을 획득할 수 있으며, 부 어레이의 신호로부터 공분산 값과 도래각의 관계를 나타내는 제 2방정식을 획득할 수 있으며, 제 1 방정식에 대하여 제 2 방정식으로부터 획득한 도래각에 관한 삼각함수 값을 대입하여 부 어레이의 위상 변환값을 구할 수 있다.
- [0036] 여기서, 도래각은 양각(고도각) θ , 방위각 ϕ 을 포함하여 구성되며, 부 어레이에 속한 안테나의 빔포밍을 위한 각도를 조절하기 위한 값이다.
- [0037] 위와 같은 과정을 따를 경우, 부 어레이의 안테나 갯수가 L개인 경우, 공분산 값과 도래각에 대한 관계를 나타내는 L-1차 다항식을 포함하는 제 2방정식을 획득하여, L개의 안테나를 포함하는 부어레이에 대한 도래각을 산출할 수도 있다.
- [0038] 도 2는 본 발명의 일예에 따른 하이브리드 빔포밍 시스템을 구체적으로 설명하기 위한 도면이다.
- [0039] 본 발명의 일예에 따른 하이브리드 빔포밍 시스템은 복수의 부 어레이(301,302)를 포함하는 주 어레이로 구성되며, 부 어레이(301,302)는 원 위의 동일한 위상에 배열된 동일한 복수의 안테나일 수 있다.
- [0040] 또한, 하이브리드 빔포밍 시스템은 위상 변환기를 거쳐 출력되는 부 어레이에 포함된 각 안테나의 신호를 합산하는 합성기를 포함하며, 합성기를 통해 출력되는 아날로그 신호를 디지털 변환하는 ADC를 포함할 수 있다.
- [0041] 이때, 복수의 안테나를 포함하는 부 어레이의 신호를 이용하여 도출된 공분산 값을 이용하여 도래각 추정하고, 추정된 도래각을 통해 부 어레이의 위상 변환값을 획득할 수 있다
- [0042] 이때, 부 어레이(301,302)를 구성하는 각각의 안테나들은 노이즈 저감 증폭기 및 위상 변환기와 연결될 수 있으며, 위상 변환기는 도래각 추정에 따른 위상 변환값을 입력할 수 있다.
- [0043] 먼저, 부 어레이(301,302)의 신호로부터 위상 변환값과 도래각의 관계를 나타내는 제 1방정식

$$\alpha_i = -\frac{2\pi}{\lambda} r_i (\sin \theta_0 \cos(\phi_0 - \phi_m))$$

을 획득한다.

[0044] 구체적으로, m번째 부 어레이의 신호는 수학식 1과 같다.

수학식 1

$$s_m(t) = \tilde{s}(t) \sum_{i=1}^R P_i(\theta, \phi) e^{j[\frac{2\pi}{\lambda} r_i \sin \theta \cos(\phi - \phi_m) + \alpha_i]} + n_m(t)$$

[0045]

[0046] 여기서, $\tilde{s}(t)$ 는 입력신호, R은 중심으로부터 거리가 다른 요소의 갯수(예를 들어, 도 3에서는 R=3), λ 는 신호의 파장 길이, $P_i(\theta, \phi)$ 는 각 안테나의 방사패턴, r_i 는 중심으로부터 각 안테나까지의 거리, α_i 는 위상 변환기에서 적용되는 값을 나타낸다.

[0047] 여기서, 수학식 2를 구할 수 있다.

수학식 2

$$\frac{2\pi}{\lambda} r_i (\sin \theta_0 \cos(\phi_0 - \phi_m)) + \alpha_i = \pm 2q\pi$$

[0048]

[0049] 수학식 2에 대하여, 위상 변환값 α_i 을 $[0, 2\pi)$ 의 범위로 만들기 위한 값 $q=0, 1, 2, \dots$ 를 대입하여, 수학식 3을 획득할 수 있다.

수학식 3

$$\alpha_i = -\frac{2\pi}{\lambda} r_i (\sin \theta_0 \cos(\phi_0 - \phi_m))$$

[0050]

[0051] 여기서, α_i 는 위상 변환값, λ 는 신호의 파장 길이, r_i 는 중심으로부터 각 안테나까지의 거리, $\sin \theta_0 \cos(\phi_0 - \phi_m)$ 는 m번째 부 어레이의 도래각에 대한 삼각함수값을 나타낸다. (m>1)

[0052] 즉, 위상변환값과 도래각의 관계를 나타내는 제 1방정식인 수학식 3을 획득할 수 있다.

[0053] 다음으로, 도래각을 추정하기 위해 부어레이의 신호에 대한 공분산 값과 도래각의 관계에 대한 제 2방정식을 획득한다.

[0054] 여기서, 부 어레이의 신호는 방위각이 동일한 신호들의 합으로 이루어져 있기 때문에, 신호의 공분산 값을 이용한 도래각 추정이 가능할 수 있다.

[0055] 이때, 도래각의 정확한 추정을 위해 부 어레이의 신호를 일정 시간동안 수집하고, 수집된 신호의 평균값에 대하여 공분산 값을 구할 수 있다.

[0056] 수학식 1을 이용하여 산출된 부어레이의 공분산 값은 수학식 4와 같다.

수학식 4

[0057]

$$E\{s_m(t)s_m^*(t)\} = |\tilde{s}(t)|^2 |P_i(\theta, \phi)|^2 (2\cos\frac{2\pi}{\lambda}d\sin\theta\cos(\phi - \phi_m) + 1)^2$$

[0058]

여기서, $d=r_1-r_2=r_2-r_3$, $|\tilde{s}(t)|^2=1$, $|P_i(\theta, \phi)|^2=1$ 이고, 해당 방정식을 풀면 아래와 같이 도래각에 대한 삼각함수인 수학식 5를 구할 수 있다.

수학식 5

[0059]

$$\sin\theta\cos(\phi - \phi_m) = \frac{\lambda}{2\pi d} \cos^{-1}\left(\frac{\sqrt{E\{s_m(t)s_m^*(t)\}}}{2}\right)$$

[0060]

여기서, $s_m(t)$ 는 m번째 부어레이의 신호, $\sqrt{E\{s_m(t)s_m^*(t)\}}$ 는 m번째 부어레이 신호의 공분산값, $d=r_1-r_2=r_2-r_3$, r_i 는 동심원의 중심으로부터 각 안테나까지의 거리, λ 는 신호의 파장 길이, $\sin\theta\cos(\phi - \phi_m)$ 는 m번째 부어레이의 도래각에 대한 삼각함수값을 나타낸다.

[0061]

이때, 수학식 5의 $\sin\theta\cos(\phi - \phi_m)$ 을 수학식 3에 대입하면, 정확한 도래각인 θ 와 ϕ 를 구하지 않고도 부어레이의 위상 변환값 α_i 를 구할 수 있다.

[0062]

한편, 제 1방정식 및 제 2방정식은 부어레이의 안테나가 3개 일 때, 수학식 4와 같은 2차 방정식을 가질 수 있으며, 부어레이의 안테나가 L개 일 때는 다음과 같은 수학식 6을 얻을 수 있다.

수학식 6

[0063]

$$E\{s_m(t)s_m^*(t)\} = |\tilde{s}(t)|^2 |P_i(\theta, \phi)|^2 \sum_{l=0}^{L-1} (L-l) (e^{j\frac{2\pi}{\lambda}d\sin\theta\cos(\phi - \phi_m)} + e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}d\sin\theta\cos(\phi - \phi_m)})$$

[0064]

수학식 6을 전개하여 정리하면, $(2\cos\frac{2\pi}{\lambda}d\sin\theta\cos(\phi - \phi_m))$ 에 대한 L-1차 다항식을 얻을 수 있으며, 해당 다

항식을 계산하여 도래각 $\sin\theta\cos(\phi - \phi_m)$ 을 구할 수 있다.

[0065]

즉, 안테나의 개수가 L개인 경우, L-1의 다항식을 계산하여 안테나 L개인 부어레이의 도래각 산출이 가능할 수 있다.

[0066]

도 3은 본 발명의 일예에 따른 부어레이를 설명하기 위한 도면이다.

[0067]

본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드 빔포밍 시스템은 원형배열 안테나인 주 어레이를 통해 신호를 송수신한다.

[0068]

주 어레이인 원형배열 안테나는 최적의 빔을 형성하도록 제어할 수 있는 스마트 안테나일 수 있다. 또한, 주 어레이를 구성하는 복수의 안테나는 크기가 다른 동심원에 위상 및 안테나 간 이격 간격을 고려하여 균일하게 배열될 수 있다.

[0069]

이때, 주 어레이는 하이브리드 빔포밍의 성능을 향상시키기 위해 복수의 안테나 중 동일 위상에 위치한 안테나

들을 하나의 부 어레이로 구성할 수 있으며, 구성 방식에 따라 부 어레이의 개수를 조절하여 설계할 수 있다.

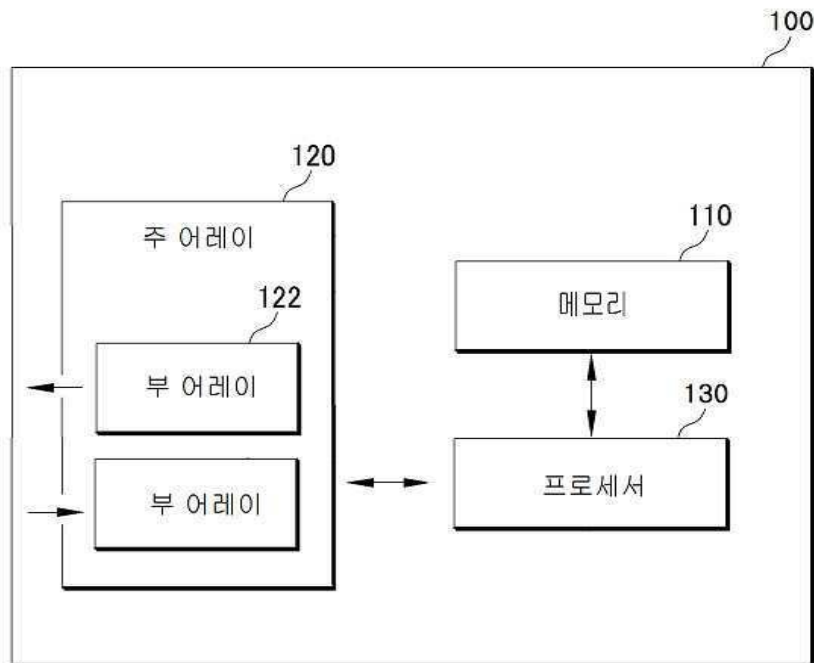
- [0070] 도 3을 살펴보면, 주 어레이는 원형 배열된 총 24개의 복수의 안테나를 포함하고, 크기가 다른 3개의 동심원에 8개의 부 어레이가 일정한 간격으로 이격되어 배열되고 있다.
- [0071] 이때, 동일한 위상을 갖는 3개의 안테나를 묶어 하나의 부 어레이로 구성할 수 있으며, 총 8개의 부 어레이(401 내지 408)를 구성할 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0072] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드 빔포밍 시스템을 이용한 빔포밍 방법의 순서도이다.
- [0073] 먼저, 복수의 부 어레이를 포함하는 주 어레이를 통하여 수신한 신호 중 부 어레이의 신호에 대하여 공분산 값을 산출한다(S410).
- [0074] 이때, 공분산 값을 산출하는 단계(S410)는 합성기를 통해 위상 변위되어 출력되는 부 어레이의 신호를 합산하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0075] 또한, 상기 공분산 값을 산출하는 단계(S410)는 부 어레이의 신호를 일정 시간동안 수집하고, 수집된 신호의 평균값에 대하여 공분산 값을 산출할 수 있다.
- [0076] 다음으로, 공분산 값을 기초로 부 어레이의 도래각을 추정한다(S420).
- [0077] 도래각을 추정하는 단계(S420)는 원중심이 동일하나 서로 다른 지름을 갖는 동심원상에 배열되는 각 복수의 안테나를 포함하는 부어레이의 신호로부터 도래각을 추정할 수 있다.
- [0078] 이때, 부어레이에 포함된 복수의 안테나는 일직선상에 일정한 간격으로 이격되어 배열된 것일 수 있다.
- [0079] 또한, 도래각을 추정하는 단계(S420)는 동심원상에 동일한 간격으로 배치되는 복수의 부 어레이에 대한 도래각을 각각 추정할 수 있다.
- [0080] 다음으로, 추정된 도래각을 기초로 부 어레이의 위상 변환값을 획득한다(S430).
- [0081] 설명된 하이브리드 빔포밍 시스템 및 하이브리드 빔포밍 시스템이 포함하는 안테나의 도래각 추정 방법은 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행 가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 통신 매체는 전형적으로 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈, 또는 반송파와 같은 변조된 데이터 신호의 기타 데이터, 또는 기타 전송 메커니즘을 포함하며, 임의의 정보 전달 매체를 포함한다.
- [0082] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0083] 본 발명의 범위는 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

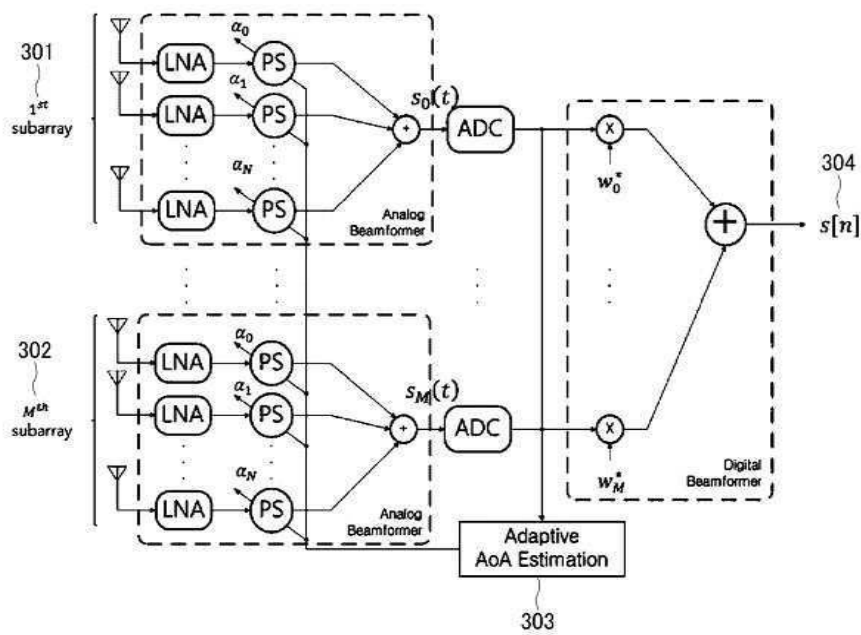
- [0084] 100: 하이브리드 빔포밍 시스템
110: 메모리
120: 주 어레이
122: 부 어레이
130: 프로세서

도면

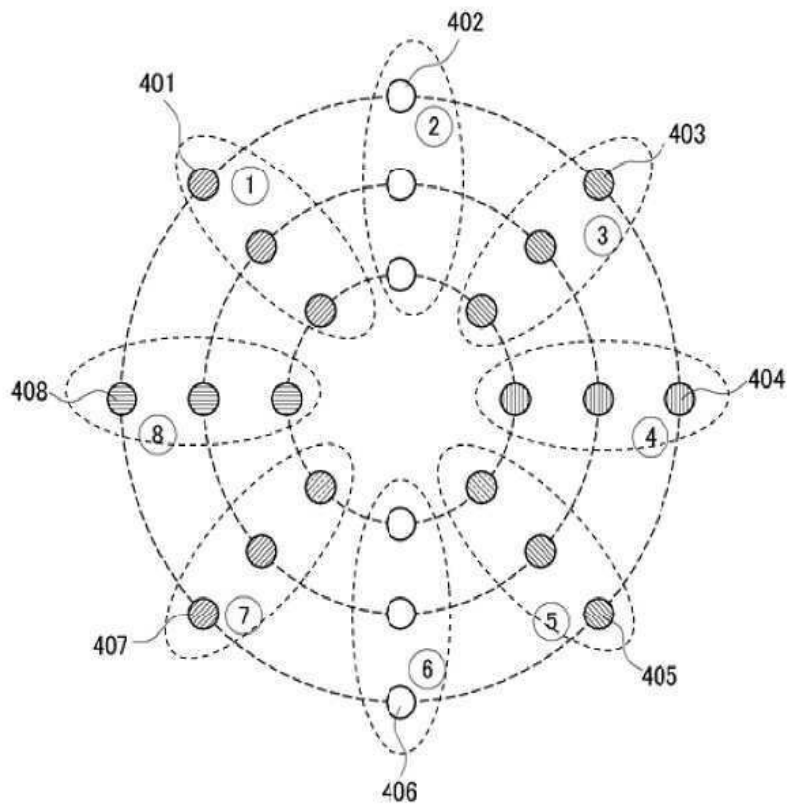
도면1



도면2



도면3



도면4

