

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2013-0017846 (43) 공개일자 2013년02월20일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) <i>H04B 7/04</i> (2006.01) <i>H04B 15/00</i> (2006.01)		(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울 성북구 안암동5가 1
(21) 출원번호	10-2011-0080523	(72) 발명자
(22) 출원일자	2011년08월12일	이인규 서울특별시 강남구 선릉로 221, - 302동 1201호 (도곡동, 도곡렉슬아파트)
심사청구일자	2011년08월12일	박은성 인천광역시 계양구 작전시장로 3, 동아아파트 C동 404호 (작전동)
		(74) 대리인 김정훈, 이견주

전체 청구항 수 : 총 14 항

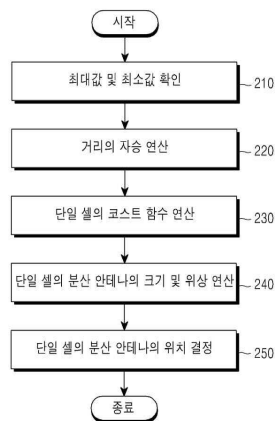
(54) 발명의 명칭 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 분산 안테나 시스템에 관한 것으로, 구체적으로 분산 안테나 시스템에서 안테나의 위치를 결정하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

이를 위해, 본 발명은 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치를 결정하는 장치에 있어서, 셀에서 분산 안테나의 위상 및 크기 각각에 대한 최소값과 최대값 사이에서 단일 셀일 경우에 기대 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio: SNR)를 최대화 또는 두 셀일 경우에 기대 신호 대 유출비(Signal to Leakage Ratio: SLR)를 최대화시키는 분산 안테나의 크기 및 위상을 연산하는 연산부; 및 연산부를 통해 연산한 분산 안테나의 크기 및 위상을 이용하여 분산 안테나의 위치를 결정하는 위치 결정부를 포함하는 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치가 제공된다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2010-0017909

부처명 교육과학기술부

연구사업명 중견연구자지원사업 도약 연구

연구과제명 불규칙 행렬이론을 이용한 분산 안테나 기반 다중셀 이동통신 시스템 설계

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2010.05.01 ~ 2011.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

분산 안테나 시스템에서 안테나 위치를 결정하는 장치에 있어서,

셀에서 분산 안테나의 위상 및 크기 각각에 대한 최소값과 최대값의 사이에서 단일 셀일 경우에 기대 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio: SNR)를 최대화 또는 두 셀일 경우에 기대 신호 대 유출비(Signal to Leakage Ratio: SLR)를 최대화시키는 상기 분산 안테나의 크기 및 위상을 연산하는 연산부; 및

상기 연산부를 통해 연산한 상기 분산 안테나의 크기 및 위상을 이용하여 분산 안테나의 위치를 결정하는 위치 결정부를 포함하는 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 연산부는,

상기 단일 셀일 경우에 기대 SNR을 최대화하기 위하여 단일 셀의 기대 자승 거리를 최소화하는 거리의 자승을 연산하며, 상기 연산한 거리의 자승을 기반으로 상기 단일 셀의 기대 자승 거리에 대한 단일 셀의 코스트 함수를 연산하고, 상기 단일 셀의 코스트 함수를 기반으로 단일 셀의 분산 안테나의 크기 및 위상을 연산함을 특징으로 하는 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 연산부는,

상기 단일 셀에서 분산 안테나의 위상에 대한 최소값과 최대값을 이용하여 상기 단일 셀의 분산 안테나의 위상을 연산하고, 상기 연산한 단일 셀의 분산 안테나의 위상, 상기 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 최소값과 최대값을 이용하여 상기 단일 셀의 분산 안테나의 크기를 연산함을 특징으로 하는 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치.

청구항 4

제2 항에 있어서,

상기 연산부는,

상기 두 셀일 경우에 기대 SLR을 최대화하기 위하여 두 셀의 기대 자승 거리를 최소화하는 거리의 자승을 연산하며, 상기 연산한 거리의 자승을 기반으로 상기 두 셀의 기대 자승 거리에 대한 두 셀의 코스트 함수를 연산하고, 상기 연산한 두 셀의 코스트 함수를 기반으로 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 상기 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 연산함을 특징으로 하는 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 연산부는,

상기 단일 셀의 분산 안테나의 크기와 위상, 셀 반경을 이용하여 셀 상수값을 연산하며, 상기 셀 상수값과 상기

셀 반경을 비교하여 비교한 결과에 따라 선택된 상기 셀 상수값과 상기 단일 셀의 분산 안테나의 크기와 위상, 상기 단일 셀의 기대 자승 거리를 이용하여 상기 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 상기 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 연산함을 특징으로 하는 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치.

청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 연산부는,

상기 셀 반경이 상기 셀 상수값 보다 초과하면, 상기 단일 셀의 분산 안테나의 크기와 위상, 상기 단일 셀의 기대 자승 거리를 이용하여 상기 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 상기 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 연산하고, 상기 셀 반경이 상기 셀 상수값 보다 작으면, 상기 셀 상수값, 상기 단일 셀의 분산 안테나의 크기와 위상, 상기 단일 셀의 기대 자승 거리를 이용하여 상기 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 상기 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 연산함을 특징으로 하는 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치.

청구항 7

제5 항에 있어서,

상기 연산부는,

상기 연산한 상기 분산 안테나의 크기에 대한 상기 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 이용하여 상기 분산 안테나의 크기를 연산하고, 상기 분산 안테나의 위상에 대한 상기 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 이용하여 상기 분산 안테나의 위상을 연산함을 특징으로 하는 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치.

청구항 8

분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치가 안테나 위치를 결정하는 방법에 있어서,

동일한 물리 영역으로 나누어진 셀에서 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 최소값과 최대값 사이에서 단일 셀일 경우에 기대 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio: SNR)를 최대화 또는 두 셀일 경우에 기대 신호 대 유출비(Signal to Leakage Ratio: SLR)를 최대화시키는 상기 분산 안테나의 크기 및 위상을 연산하는 단계; 및

상기 연산한 분산 안테나의 크기 및 위상을 이용하여 분산 안테나의 위치를 결정하는 단계를 포함하는 안테나 위치 결정 방법.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 분산 안테나의 크기 및 위상을 연산하는 단계는,

상기 단일 셀일 경우에 기대 SNR을 최대화하기 위하여 단일 셀의 기대 자승 거리를 최소화하는 거리의 자승을 연산하는 단계;

상기 연산한 거리의 자승을 기반으로 상기 단일 셀의 기대 자승 거리에 대한 단일 셀의 코스트 함수를 연산하는 단계; 및

상기 단일 셀의 코스트 함수를 기반으로 단일 셀의 분산 안테나의 크기 및 위상을 연산하는 단계를 더 포함함을 특징으로 하는 안테나 위치 결정 방법.

청구항 10

제9 항에 있어서,

상기 단일 셀의 분산 안테나의 크기 및 위상을 연산하는 단계는,

상기 단일 셀에서 상기 분산 안테나가 위치하는 영역을 기반으로 상기 분산 안테나의 위상 및 크기 각각에 대한 최소값 및 최대값을 확인하는 단계;

상기 확인한 상기 분산 안테나의 위상에 대한 최소값과 최대값을 이용하여 상기 단일 셀의 분산 안테나의 위상을 연산하는 단계; 및

상기 연산한 단일 셀의 분산 안테나의 위상, 상기 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 최대값과 최소값을 이용하여 상기 단일 셀의 분산 안테나의 크기를 연산하는 단계를 더 포함함을 특징으로 하는 안테나 위치 결정 방법.

청구항 11

제9 항에 있어서,

상기 분산 안테나의 크기 및 위상을 연산하는 단계는,

상기 두 셀일 경우에 기대 SLR을 최대화하기 위하여 두 셀의 기대 자승 거리를 최대화하는 거리의 자승을 연산하는 단계;

상기 연산한 거리의 자승을 기반으로 상기 두 셀의 기대 자승 거리에 대한 두 셀의 코스트 함수를 연산하는 단계; 및

연산한 두 셀의 코스트 함수를 기반으로 상기 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 상기 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 연산하는 단계를 더 포함함을 특징으로 하는 안테나 위치 결정 방법.

청구항 12

제9 항에 있어서,

상기 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 상기 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 연산하는 단계는,

상기 단일 셀의 분산 안테나의 크기와 위상, 셀 반경을 이용하여 셀 상수값을 연산하는 단계; 및

상기 셀 상수값과 상기 셀 반경을 비교하여 비교한 결과에 따라 선택된 상기 셀 상수값과 상기 단일 셀의 분산 안테나의 크기와 위상, 상기 단일 셀의 기대 자승 거리를 이용하여 상기 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 상기 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 연산하는 단계를 더 포함함을 특징으로 하는 안테나 위치 결정 방법.

청구항 13

제12 항에 있어서,

상기 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 상기 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 연산하는 단계는,

상기 셀 반경이 상기 셀 상수값 보다 초과하면, 상기 단일 셀의 분산 안테나의 크기와 위상, 상기 단일 셀의 기대 자승 거리를 이용하여 상기 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 상기 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 연산하는 단계; 또는

상기 셀 반경이 상기 셀 상수값 보다 작으면, 상기 셀 상수값, 상기 단일 셀의 분산 안테나의 크기와 위상, 상기 단일 셀의 기대 자승 거리를 이용하여 상기 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 상기 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 연산하는 단계를 더 포함함을 특징으로 하는 안테나 위치 결정 방법.

청구항 14

제12 항에 있어서,

상기 분산 안테나의 크기 및 위상을 연산하는 단계는,

상기 연산한 상기 분산 안테나의 크기에 대한 상기 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 이용하여 상기 분산 안테나의 크기를 연산하는 단계; 및

상기 분산 안테나의 위상에 대한 상기 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 이용하여 상기 분산 안테나의 위상을 연산하는 단계를 더 포함함을 특징으로 하는 안테나 위치 결정 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 분산 안테나 시스템에 관한 것으로, 구체적으로 분산 안테나 시스템에서 안테나의 위치를 결정하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 정보 산업의 발달에 따라 다양한 종류의 대용량 데이터를 고속으로 전송할 수 있는 기술이 요구되고 있다. 이를 위해, 기존의 셀 내의 다수의 분산 안테나를 두어 음영 지역의 해소 및 커버리지(coverage) 확장을 위한 분산 안테나 시스템(Distributed Antenna System: DAS) 방식이 연구되고 있다. 분산 안테나 시스템에 관한 선행 기술로는 한국공개특허 제10-2009-0006329호에는 분산 안테나 시스템에서 안테나 간 신호 결합을 통해 시스템 용량을 최대화하는 링크 조합을 결정하는 기술에 관한 것이며, 한국공개특허 제10-2008-0077793호에는 분산 안테나와 광섬유로 연결되어 네트워크 시스템의 전송 용량과 성능을 개선할 수 있는 기술에 관한 것입니다.

[0003] 한편, 분산 안테나 시스템은 단일 기지국(Base Station: BS)과 유선 또는 전용 회선으로 연결된 다수의 분산 안테나를 활용한 시스템이다. 단일 기지국은 기지국이 서비스하는 셀 내부에 소정 거리 이상 떨어져 위치하는 복수의 안테나를 관리한다. 복수의 안테나들이 셀 내의 일정 거리 이상 떨어져 분산되어 있다는 점에서 기지국 안테나들이 셀 중앙에 집중되어 있는 중앙 집중 안테나 시스템(Centralized Antenna System: CAS)과 구별된다.

[0004] 분산 안테나 시스템은 접속 거리, 송신 전력 및 동일 채널 간섭을 줄임으로써 셀 에지 성능을 향상시킬 수 있다.

[0005] 분산 안테나 시스템에서 분산 안테나들의 위치는 분산 안테나 시스템의 성능 면에서 매우 중요하다. 분산 안테나 시스템의 성능 분석은 랜덤 또는 고정 안테나 레이아웃을 갖는 분산 안테나 시스템을 위해 시행된다. 점근적 에르고딕(ergodic) 용량은 랜덤 안테나 레이아웃 및 원형 안테나 레이아웃을 갖는 분산 안테나 시스템에 대한 랜덤 매트릭스 이론을 적용하여 산출된다. 최적 안테나 레이아웃은 기지국이 두 개의 안테나를 갖는 선형 셀 분산 안테나에서의 시공간 블록 코드화 직교 주파수 분할 다중화 시스템(space time block coded orthogonal frequency division multiplexing system)을 위해 연구되어 왔다. 단일 셀에서의 상향 링크 분산 안테나에 대해 자승 거리 기준(Squared Distance Criterion: SDC)은 셀 평균 에르고딕 용량을 극대화하는 안테나 위치들을 찾기 위해 IEEE에서 1985년 11월에 발표한 논문인 Vector Quantization in Speech Coding(J. Makhoul, S. Roucos, and H. Gish,)에 제안되었다.

[0006] 또한, International Conference on WCSP에서 2009년 11월에 발표한 논문인 Antenna Location Design for Distributed Antenna Systems with Selective Transmission(Y. Qian, M. Chen, X. Wang, and P. Zhu)에서, 분산 안테나 시스템은 하나의 안테나가 선택되어 이동국(Mobile Station: MS)으로 데이터를 전송하는 선택 전송을 갖는 하향링크 분산 안테나 시스템에 적용된다. 그러나, 상기 WCSP에서 발표한 논문에는 인접한 셀 간섭을 고려하지 않기 때문에 다중 셀에서의 분산 안테나 시스템에 적합하지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명의 실시 예는 단일 셀 및 두 셀에서 안테나의 위치를 결정할 수 있는 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치 및 방법을 제공한다.
- [0008] 그리고, 본 발명의 실시 예는 단일 셀일 경우에 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio: SNR)를 이용하여 안테나의 위치를 결정할 수 있는 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치 및 방법을 제공한다.
- [0009] 또한, 본 발명의 실시 예는 두 셀일 경우에 신호 대 유출비(Signal to Leakage Ratio: SLR)를 이용하여 안테나의 위치를 결정할 수 있는 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치 및 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명의 일 측면에 따르면, 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치를 결정하는 장치가 제공된다.
- [0011] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치를 결정하는 장치에 있어서, 셀에서 분산 안테나의 위상 및 크기 각각에 대한 최소값과 최대값 사이에서 단일 셀일 경우에 기대 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio: SNR)를 최대화 또는 두 셀일 경우에 기대 신호 대 유출비(Signal to Leakage Ratio: SLR)를 최대화시키는 상기 분산 안테나의 크기 및 위상을 연산하는 연산부; 및 상기 연산부를 통해 연산한 상기 분산 안테나의 크기 및 위상을 이용하여 분산 안테나의 위치를 결정하는 위치 결정부를 포함하는 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치가 제공된다.
- [0012] 그리고, 본 발명의 일 측면에 따르면, 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치가 안테나 위치를 결정하는 방법이 제공된다.
- [0013] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치가 안테나 위치를 결정하는 방법에 있어서, 동일한 물리 영역으로 나누어진 셀에서 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 최소값과 최대값 사이에서 단일 셀일 경우에 기대 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio: SNR)를 최대화 또는 두 셀일 경우에 기대 신호 대 유출비(Signal to Leakage Ratio: SLR)를 최대화시키는 상기 분산 안테나의 크기 및 위상을 연산하는 단계; 및 상기 연산한 분산 안테나의 크기 및 위상을 이용하여 분산 안테나의 위치를 결정하는 단계를 포함하는 안테나 위치 결정 방법이 제공된다.

발명의 효과

- [0014] 본 발명의 실시 예에 따른 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치 및 방법은 기존의 단일 셀 뿐만 아니라, 두 셀에서도 안테나의 위치를 결정할 수 있으므로 다중 셀의 안테나의 위치를 확인할 수 있다.
- [0015] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치 및 방법은 단일 셀일 경우에 신호 대 잡음비를 이용하고, 두 셀일 경우에 신호 대 유출비를 이용하여 안테나의 위치를 결정할 수 있다.
- [0016] 그리고, 본 발명의 실시 예에 따른 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치 및 방법은 분산 안테나 시스템의 성능을 향상시킬 수 있으므로 최적화된 안테나의 위치를 결정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치를 나타낸 블록도.
- 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 안테나 위치 결정 방법을 나타낸 순서도.
- 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 단일 셀을 나타낸 예시도.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 단일 셀에서 영역을 분리한 것을 나타낸 예시도.

도 5는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 안테나 위치 결정 방법을 나타낸 순서도.

도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 두 셀을 나타낸 예시도.

도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 분산 안테나의 개수 별로 단일 셀을 나타낸 예시도.

도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 분산 안테나 시스템에서 분산 안테나의 수에 따른 평균 용량을 나타낸 그래프.

도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 분산 안테나 시스템에서 신호 대 잡음비에 따른 평균 용량을 나타낸 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하 첨부된 도면과 설명을 참조하여 본 발명에 따른 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치 및 방법의 실시 예에 대한 동작 원리를 상세히 설명한다. 다만, 하기에 도시되는 도면과 후술되는 상세한 설명은 본 발명의 특징을 효과적으로 설명하기 위한 여러 가지 실시 예들 중에서 바람직한 하나의 실시 예에 관한 것이다. 따라서, 본 발명이 하기의 도면과 설명에만 한정되어서는 아니 될 것이다.

[0019] 또한, 하기에서 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 발명에서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0020] 또한, 이하 실시 예는 본 발명의 핵심적인 기술적 특징을 효율적으로 설명하기 위해 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 명백하게 이해할 수 있도록 용어를 적절하게 변형, 또는 통합, 또는 분리하여 사용할 것이나, 이에 의해 본 발명이 한정되는 것은 결코 아니다.

[0021] 후술될 본 발명의 일 실시 예에서는 단일 셀일 경우에 신호 대 잡음비를 최대화하는 분산 안테나의 위치를 결정하고, 두 셀일 경우에 신호 대 유출비를 최대화하는 분산 안테나의 위치를 결정하는 방안에 대해 구체적으로 설명할 것이다.

[0022] 이하, 본 발명의 일 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치를 나타낸 블록도이다.

[0024] 도 1을 참조하면, 분산 안테나 시스템에서 안테나 위치 결정 장치(100)는 신호 확인부(110), 연산부(120), 위치 결정부(130), 표시부(140) 및 저장부(150)를 포함한다.

[0025] 신호 확인부(110)는 셀에 위치하는 이동국(Mobile Station: MS)으로부터 분산 안테나(Distributed Antenna: DA)로 수신하는 피드백 신호를 이용하여 위치를 결정할 분산 안테나를 판단한다. 우선, 셀에 위치하는 적어도 하나의 분산 안테나는 이동국에게 파일럿 신호를 전송한다. 이동국은 적어도 하나의 분산 안테나로부터 파일럿 신호를 수신한다. 이동국은 복수의 파일럿 신호 중 가장 큰 수신 신호 강도(Received Signal Strength: RSS)를 확인하고, 적어도 하나의 분산 안테나 중 가장 큰 수신 신호 강도를 전송한 분산 안테나를 선택한다. 이동국은 선택한 분산 안테나로 파일럿 신호에 응답하여 피드백 신호를 전송한다. 이때, 피드백 신호는 안테나 식별 정보를 포함한다. 이때, 피드백 신호에 포함된 안테나 식별 정보는 이동국에서 선택한 분산 안테나를 식별하기 위한 정보이며, 숫자, 문자 및 기호 중 적어도 하나를 조합하여 나타낼 수 있다.

[0026] 신호 확인부(110)는 이동국으로부터 분산 안테나로 전송하는 피드백 신호를 수신하고, 피드백 신호에서 안테나 식별 정보를 추출한다. 신호 확인부(110)는 안테나 식별 정보를 기반으로 분산 안테나를 확인한다. 이때, 셀은 동일한 물리 영역으로 분리되는 것을 가정할 수 있다. 신호 확인부(110)는 안테나 식별 정보를 기반으로 위치를 결정할 분산 안테나를 판단한다.

- [0027] 연산부(120)는 셀에서의 분산 안테나의 위치를 결정하기 위해 셀의 수에 따라 분산 안테나의 크기 및 위상을 연산한다. 구체적으로, 셀의 수가 단일 셀일 경우에, 연산부(120)는 기대 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio: 이하, SNR로 통칭함)를 최대화하기 위하여 단일 셀의 기대 자승 거리를 최소화한다. 연산부(120)는 단일 셀의 기대 자승 거리를 최소화하는 거리의 자승을 연산한다. 이때, 연산부(120)는 분산 안테나 및 이동국 각각의 위상 및 크기를 이용하여 거리의 자승을 연산한다.
- [0028] 연산부(120)는 연산한 거리의 자승을 기반으로 단일 셀의 기대 자승 거리에 대한 단일 셀의 코스트 함수를 연산한다. 연산부(120)는 단일 셀의 코스트 함수를 기반으로 단일 셀의 분산 안테나의 크기 및 위상을 연산한다. 이때, 연산부(120)는 연산한 단일 셀의 코스트 함수를 기반으로 단일 셀에서 분산 안테나의 위상에 대한 최소값과 최대값을 이용하여 단일 셀의 분산 안테나의 위상을 연산한다. 또한, 연산부(120)는 연산한 분산 안테나의 위상, 분산 안테나의 크기에 대한 최소값과 최대값 및 분산 안테나의 위상에 대한 최소값과 최대값을 이용하여 단일 셀의 분산 안테나의 크기를 연산한다. 즉, 연산부(120)는 분산 안테나의 위상에 대한 최대값과 최소값 사이에서 기대 SNR을 최대화시키는 분산 안테나의 위상을 연산한다. 또한, 연산부(120)는 분산 안테나의 위상에 대한 최대값과 최소값 사이에서 기대 SNR을 최대화시키는 분산 안테나의 크기를 연산한다. 연산부(120)는 연산한 단일 셀의 분산 안테나의 위상 및 크기를 위치 결정부(130)로 제공한다.
- [0029] 한편, 셀의 수가 두 셀일 경우에, 연산부(120)는 기대 신호 대 유출비(Signal to Leakage Ratio: 이하, SLR로 통칭함)를 최대화하기 위하여 두 셀의 기대 자승 거리를 최대화한다. 연산부(120)는 두 셀의 기대 자승 거리를 최대화한다. 연산부(120)는 두 셀의 기대 자승 거리를 최대화하는 거리의 자승을 연산한다. 연산부(120)는 연산한 거리의 자승을 기반으로 두 셀의 기대 자승 거리에 대한 두 셀의 코스트 함수를 연산한다.
- [0030] 연산부(120)는 연산한 두 셀의 코스트 함수를 기반으로 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 연산한다. 구체적으로, 연산부(120)는 단일 셀의 분산 안테나의 크기와 위상, 셀 반경을 이용하여 셀 상수값을 연산한다. 연산부(120)는 셀 상수값과 셀 반경을 비교하여 비교한 결과에 따라 선택된 셀 상수값과 단일 셀의 분산 안테나의 크기와 위상, 단일 셀의 기대 자승 거리를 이용하여 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 연산한다. 즉, 셀 반경이 셀 상수값 보다 초과하면, 연산부(120)는 단일 셀의 분산 안테나의 크기와 위상, 단일 셀의 기대 자승 거리를 이용하여 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 연산한다. 셀 반경이 셀 상수값 보다 작으면, 연산부(120)는 셀 상수값, 단일 셀의 분산 안테나의 크기와 위상, 단일 셀의 기대 자승 거리를 이용하여 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 연산한다.
- [0031] 그리고, 연산부(120)는 연산한 분산 안테나의 크기에 대한 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 이용하여 분산 안테나의 크기를 연산한다. 연산부(120)는 연산한 분산 안테나의 위상에 대한 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 이용하여 분산 안테나의 위상을 연산한다. 즉, 연산부(120)는 분산 안테나의 위상에 대한 최대값과 최소값 사이에서 기대 SLR을 최대화시키는 분산 안테나의 위상을 연산한다. 또한, 연산부(120)는 분산 안테나의 위상에 대한 최대값과 최소값 사이에서 기대 SLR을 최대화시키는 분산 안테나의 크기를 연산한다. 이후, 연산부(120)는 두 셀의 분산 안테나의 크기 및 위상을 위치 결정부(130)로 제공한다.
- [0032] 위치 결정부(130)는 분산 안테나의 크기 및 위상을 이용하여 분산 안테나의 위치를 결정한다. 즉, 위치 결정부(130)는 연산부(120)로부터 분산 안테나의 크기 및 위상을 제공 받는다. 위치 결정부(130)는 연산부(120)에서 연산한 크기 및 위상을 기반으로 연산하여 분산 안테나의 위치를 결정한다.
- [0033] 표시부(140)는 안테나 위치 결정 장치(100)의 동작 중에 발생하는 동작 정보, 결과 정보를 사용자가 확인할 수 있도록 표시하는 수단이다. 예를 들어, 표시부(140)는 신호 확인부(110)를 통해 위치를 결정할 분산 안테나를 표시할 수 있다. 표시부(140)는 연산부(120)를 통해 분산 안테나의 크기 및 위상을 연산하는 과정을 표시할 수 있으며, 연산부(120)를 통해 연산한 분산 안테나의 크기 및 위상을 표시할 수 있다. 표시부(140)는 위치 결정부(130)를 통해 결정한 분산 안테나의 위치를 표시할 수 있다. 또한, 표시부(140)는 저장부(150)에 저장된 데이터를 저장할 수 있다.
- [0034] 이러한, 표시부(140)는 위치 결정부(130)에서 결정된 분산 안테나의 위치를 표시할 수 있는 장치이면 그 종류는 무관하다. 예를 들어, 표시부(140)는 액정 표시 장치 (Liquid Crystal Display: LCD), 유기 발광 장치 (Organic Light Emitting Display: OLED), 전기 영동 표시 장치 (Electro Phoretic Display: EPD) 중 하나일 수 있다.
- [0035] 저장부(150)는 안테나 위치 결정 장치(100)의 전반적인 동작을 제어하기 위한 다양한 프로그램을 저장한다. 또

한, 저장부(150)는 프로그램 수행에 의해 생성된 각종 데이터 및 획득된 데이터 등을 저장한다. 예를 들어, 저장부(150)는 셀에 분포되어 있는 분산 안테나 별로 안테나 식별 정보를 저장할 수 있다. 저장부(150)는 신호 확인부(110)를 통해 위치를 결정할 분산 안테나를 저장할 수 있다. 저장부(150)는 연산부(120)를 통해 연산한 분산 안테나의 크기 및 위상을 저장할 수 있다. 그리고, 저장부(150)는 연산부(120)에서 분산 안테나의 크기 및 위상을 연산하기 위해 필요한 이동국의 크기 및 위상을 저장할 수 있다. 저장부(150)는 위치 결정부(130)를 통해 결정한 분산 안테나의 위치를 저장할 수 있다.

[0036] 한편, 저장부(150)는 신호 확인부(110), 연산부(120) 및 위치 결정부(130)의 요청에 따라 필요한 데이터를 제공할 수 있다. 저장부(150)는 통합 메모리로 이루어지거나, 복수의 메모리들로 세분되어 이루어질 수 있다. 예를 들어, 저장부(150)는 롬 (Read Only Memory: ROM), 램 (Random Access Memory: RAM) 및 플래시 메모리 (Flash memory) 등으로 이루어질 수 있다.

[0037] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 안테나 위치 결정 방법을 나타낸 순서도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 단일 셀을 나타낸 예시도이며, 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 단일 셀에서 영역을 분리한 것을 나타낸 예시도이다.

[0038] 즉, 도 2 내지 도 4를 참조하여, 단일 셀에서 안테나 위치를 결정하는 방법을 설명하기로 한다. 이때, 본 발명은 선택 전송(Selection Transmission: ST)을 사용하는 하향 링크 분산 안테나 시스템을 설명하기로 한다. 여기서, 단일 셀은 반경 R을 갖는 원형 셀이며, 중심 안테나를 구비하거나 구비하지 않은 원형 안테나 레이아웃을 갖는 것으로 가정한다. 예를 들어, 단일 셀은 도 3에 도시된 도면 번호 310번과 같이 나타낼 수 있다.

[0039] 한편, 도 1을 참조하여 설명한 본 발명의 일 실시 예에 따른 안테나 위치 결정 장치(100)의 구성은 통합되거나 세분화될 수 있는 바, 해당 명칭에 구애 받지 아니하고, 상술한 기능을 수행하는 구성 요소는 본 발명의 일 실시 예에 따른 안테나 위치 결정 장치(100)의 구성이 될 수 있음을 명확히 한다. 따라서, 이하, 본 발명의 안테나 위치 결정 방법을 설명함에 있어서, 각 단계의 주체는 해당 구성 요소가 아닌 안테나 위치 결정 장치(100)를 주체로 하여 설명하기로 한다.

[0040] 도 2를 참조하면, 안테나 위치 결정 장치(100)는 분산 안테나의 위상 및 크기 각각에 대한 최소값과 최대값을 확인한다(210). 우선, 셀에 구비된 복수의 분산 안테나들은 이동국에서 파일럿 신호를 전송한다. 이동국은 셀에 구비된 복수의 분산 안테나들로부터 파일럿 신호를 전송하고, 복수의 분산 안테나들 중 수신 신호 강도(Received Signal Strength: RSS)가 가장 큰 분산 안테나를 선택하며, 선택한 분산 안테나로 파일럿 신호에 응답하여 피드백 신호를 전송한다. 1번째 셀에서 선택된 분산 안테나를 $n(1)$ 로 나타내며, L개의 셀 분산 안테나 시스템에 대한 m번째 셀에서 이동국의 수신 신호는 [수학식 1]과 같이 정의할 수 있다.

[0041] [수학식 1]

$$y_m = \sum_{l=1}^L h_{n(l),m} \sqrt{\frac{s_{n(l),m}}{d_{n(l),m}^\alpha}} x_{n(l)} + n_m = \sum_{l=1}^L g_{n(l),m} x_{n(l)} + n_m$$

[0042]

[0043] 여기서, $h_{n(l),m}$ 은 소규모 페이딩(예를 들면, 레일리 페이딩(Rayleigh fading))의 계수들과 동일하며, $s_{n(l),m}$ 은 섀도잉 페이딩(shadowing fading)의 계수들과 동일하고, $d_{n(l),m}$ 은 1번째 셀에서 선택된 분산 안테나와 m번째 셀의 이동국 사이의 거리를 나타낸다. α 는 경로 손실 지수를 나타내고, $x_{n(l)}$ 은 $\mathcal{E}(x_{n(l)} x_{n(l)}^*) = P$ 인 1번째 셀에서 선택된 분산 안테나로부터 전송된 신호를 나타내며, n_m 은 제로평균 및 분산 σ_n^2 을 갖는 부가 복잡 가우스 잡음 변수(additive complex Gaussian noise variable)를 나타낸다. 소규모 페이딩 $h_{n(l),m}$ 계수는 제로 평균 및 유닛 변량을 갖는 독립적이고 동일하게 분포된(independent and

identically distributed: i.i.d.) 복합 가우스 랜덤 변수에 해당하며 채널 페이딩 $s_{n(l),m}$ 은 대수 정규 분포를 갖고, 예를 들면, $10\log_{10}s_{n(l),m}$ 은 제로평균 및 표준편차 σ_s 을 갖는 가우스 랜덤 변수이다.

[0044] 셀 1에서 단일 셀에서의 분산 안테나 시스템에 대한 에르고딕(ergodic) 용량은 [수학식 2]와 같이 정의할 수 있다.

[0045] [수학식 2]

[0046]

$$C_{SC} = \mathcal{E}_{h,s,p} \left[\log_2 \left(1 + \frac{P |g_{n(1),1}|^2}{\sigma_n^2} \right) \right]$$

[0047] 이때, C_{SC} 은 단일 셀에서 에르고딕 용량을 나타내고, $\mathcal{E}_{h,s,p}$ 은 소규모 페이딩, 채널 페이딩, 이동국 위치에 대한 기대값을 나타낸다. 에르고딕 용량 C_{SC} 을 최대화하는 해를 산출하기는 상당히 복잡하므로 쥘센 부등식 (Jensen's inequality) $\mathcal{E}[\log_2(1+X)] \leq \log_2(1+\mathcal{E}[X])$ 을 사용함에 의해 단일 셀에 대한 기대 SNR $\mathcal{E}_{h,s,p} \left[\frac{P |g_{n(1),1}|^2}{\sigma_n^2} \right]$ 를 최대화하여 분석을 간소화한다.

[0048] 단일 셀의 분산 안테나 시스템에 대해 기대 SNR이 [수학식 3]과 같이 정의될 수 있다.

[0049] [수학식 3]

[0050]

$$\mathcal{E}_{h,s,p}[\text{SNR}] = \mathcal{E}_{h,s,p} \left[\frac{P s_{n(1),1} |h_{n(1),1}|^2}{d_{n(1),1}^\alpha \sigma_n^2} \right]$$

[0051] 이때, 소규모 페이딩, 채널 페이딩 및 이동국 위치는 독립적이기 때문에 기대 SNR은 [수학식 4]와 같이 정의될 수 있다. 이때, 기대 SNR의 하한 값은 쥘센 부등식으로부터 산출될 수 있다.

[0052] [수학식 4]

[0053]

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{h,s,p}[\text{SNR}] &= \mathcal{E}_{h,s} \left[\frac{P s_{n(1),1} |h_{n(1),1}|^2}{\sigma_n^2} \right] \mathcal{E}_p \left[\frac{1}{d_{n(1),1}^\alpha} \right] \\ &\geq \frac{P}{\sigma_n^2} \mathcal{E}_{h,s} \left[s_{n(1),1} |h_{n(1),1}|^2 \right] \frac{1}{\mathcal{E}_p \left[d_{n(1),1}^2 \right]^{\frac{\alpha}{2}}} \end{aligned}$$

[0054] 여기서, $\mathcal{E}_{h,s} \left[s_{n(1),1} |h_{n(1),1}|^2 \right]$ 은 안테나 레이아웃이 독립적이므로 상수 값으로 규정할 수 있다. 이후, 기대 SNR의 하한 값은 기대 자승 거리 $\mathcal{E}_p \left[d_{n(1),1}^2 \right]$ 를 최소화함으로써 최대화될 수 있다. 또한, 단일 셀은 동일한 물리 영역으로 분리하는 것을 가정한다. 단일 셀은 n개의 물리 영역으로 분리될 수 있다. 예를 들어, 안테나 위

치 결정 장치(100)는 셀의 중심에 중심 안테나를 구비할 경우에 도 4에 도시된 도면 번호 410번과 같이 셀을 7개의 동일한 물리 영역으로 분리할 수 있다. 또한, 안테나 위치 결정 장치(100)는 셀의 중심에 중심 안테나를 구비하지 않을 경우에 도 4에 도시된 도면 번호 420번과 같이 셀을 7개의 동일한 물리 영역으로 분리할 수 있다.

[0055] i번째 분산 안테나의 위치는 [수학식 5]와 같이 정의할 수 있다.

[0056] [수학식 5]

$$DA_i = R_i \exp(j\theta_i) \\ \text{for } R_{a,i} \leq R_i \leq R_{b,i}, \theta_{a,i} \leq \theta_i \leq \theta_{b,i}$$

[0057]

[0058] 여기서, DA_i 는 i번째 분산 안테나의 위치를 나타내며, R_i 는 분산 안테나의 크기, $R_{a,i}$ 및 $R_{b,i}$ 각각은 분산 안테나의 크기에 대한 최소값 및 최대값을 나타내고, θ_i 는 분산 안테나의 위상, $\theta_{a,i}$ 및 $\theta_{b,i}$ 는 분산 안테나의 위상에 대한 최소값 및 최대값을 나타낸다.

[0059] 즉, 안테나 위치 결정 장치(100)는 분산 안테나가 위치하는 영역을 고려하여 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 최대값 및 최소값을 확인할 수 있다. 예를 들어, 도 4의 도면 번호 410번과 같이 N이 7이며, 중심 안테나를 구비하는 경우에, 중심 안테나의 영역을 위한 변수들은 $R_{a,i} = 0$, $R_{b,i} = R/\sqrt{7}$, $\theta_{a,i} = 0$ 및 $\theta_{b,i} = 2\pi$ 이고, 원형 안테나의 영역을 위한 변수들은 $R_{a,i} = R/\sqrt{7}$, $R_{b,i} = R$ 및 $\theta_{b,i} - \theta_{a,i} = \pi/3$ 일 수 있다. 도 4의 도면 번호 420번과 같이 N이 7이고, 중심 안테나를 구비하지 않은 경우에, 안테나의 영역을 위한 변수들은 $R_{a,i} = 0$, $R_{b,i} = R$ 및 $\theta_{b,i} - \theta_{a,i} = 2\pi/7$ 일 수 있다.

[0060] 이동국의 위치는 [수학식 6]과 같이 정의할 수 있다. 이때, 이동국은 i번째 안테나의 영역 내에 위치하는 것을 가정하기로 한다.

[0061] [수학식 6]

$$p_1 = r_1 \exp(j\phi_1) \\ \text{for } R_{a,i} \leq r_1 \leq R_{b,i}, \theta_{a,i} \leq \phi_1 \leq \theta_{b,i}$$

[0062]

[0063] 이때, p_1 은 이동국의 위치를 나타내며, r_1 은 이동국 위치의 크기를 나타내고, ϕ_1 는 이동국 위치의 위상을 나타낸다.

[0064] 안테나 위치 결정 장치(100)는 기대 SNR을 최대화하기 위하여 단일 셀의 기대 자승 거리를 최소화하는 거리의 자승을 연산한다(220). 구체적으로, 안테나 위치 결정 장치(100)는 단일 셀의 기대 자승 거리(E_{sc}^i)를 $E_p[d_{i1}^2]$ 로 정의할 경우에 분산 안테나의 위치는 $R_{a,i} \leq R_i \leq R_{b,i}$, $\theta_{a,i} \leq \theta_i \leq \theta_{b,i}$ 의 조건하에 [수학식 7]과 같이 정의할 수 있다.

[0065] [수학식 7]

$$\{\hat{R}_i, \hat{\theta}_i\} = \arg \min_{\{R_i, \theta_i\}} \Xi_{SC}^i$$

[0067] 즉, [수학식 7]에 나타난 바와 같이 기대 자승 거리를 최소화하여 분산 안테나의 위치를 정의할 수 있다.

[0068] 안테나 위치 결정 장치(100)는 [수학식 5] 및 [수학식 6]을 이용하여 거리의 자승은 [수학식 8]과 같이 정의할 수 있다.

[0069] [수학식 8]

$$d_{i1}^2 = R_i^2 + r_1^2 - 2R_i r_1 \cos(\phi_1 - \theta_i).$$

[0071] 이때, d_{i1}^2 는 거리의 자승이며, R_i 는 분산 안테나의 크기, r_1 은 이동국의 크기, θ_i 는 분산 안테나의 위상, ϕ_1 는 이동국의 위상을 나타낸다.

[0072] 안테나 위치 결정 장치(100)는 거리의 자승을 기반으로 단일 셀의 기대 자승 거리에 대한 코스트 함수를 연산한다(230). 구체적으로, 이동국은 균일하게 분포되기 때문에 기대 자승 거리는 [수학식 9]와 같이 정의할 수 있다.

[0073] [수학식 9]

$$\Xi_{SC}^i = \mathcal{E}_p[d_{i1}^2]$$

[0075] 여기서, Ξ_{SC}^i 는 기대 자승 거리를 나타내며, $\mathcal{E}_p$ 는 거리에 대한 기대값이고, d_{i1}^2 는 거리의 자승을 나타낸다.

[0076] 이후, 안테나 위치 결정 장치(100)는 [수학식 9]를 추론 또는 유도를 통해 코스트 함수를 [수학식 10]과 같이 정의할 수 있다.

[0077] [수학식 10]

$$\Xi_{SC}^i = A \left[\frac{1}{2} R_i^2 (R_{b,i}^2 - R_{a,i}^2) (\theta_{b,i} - \theta_{a,i}) - \frac{2}{3} R_i (R_{b,i}^3 - R_{a,i}^3) \{ \sin(\theta_{b,i} - \theta_i) - \sin(\theta_{a,i} - \theta_i) \} + \frac{1}{4} (R_{b,i}^4 - R_{a,i}^4) (\theta_{b,i} - \theta_i) \right]$$

[0079] 여기서, Ξ_{SC}^i 는 기대 자승 거리를 나타내며, R_i 는 분산 안테나의 크기, $R_{a,i}$ 및 $R_{b,i}$ 각각은 분산 안테나의 크기에 대한 최소값 및 최대값을 나타내고, θ_i 는 분산 안테나의 위상, $\theta_{a,i}$ 및 $\theta_{b,i}$ 는 분산 안테나의 위상에 대한 최소값 및 최대값을 나타낸다. 또한, A는 자승 거리의 상수값이며, [수학식 11]과 같이 정의할 수 있다

[0080] [수학식 11]

[0081]

$$A = 2/(\theta_{b,i} - \theta_{a,i}) (R_{b,i}^2 - R_{a,i}^2)$$

[0082] 이때, $R_{a,i}$ 및 $R_{b,i}$ 각각은 분산 안테나의 크기에 대한 최소값 및 최대값을 나타내며, $\theta_{a,i}$ 및 $\theta_{b,i}$ 는 분산 안테나의 위상에 대한 최소값 및 최대값을 나타낸다.

[0083] 안테나 위치 결정 장치(100)는 단일 셀의 코스트 함수를 기반으로 단일 셀의 분산 안테나의 크기 및 위상을 연산한다(240). 다시 말하면, 안테나 위치 결정 장치(100)는 만약 분산 안테나의 위상(θ_i) 및 크기(R_i)에 대한 코스트 함수의 제2 차 편도 함수가 음이 아닌 양수의 코스트 함수일 경우에 컨벡스(convex)로 나타낼 수 있다. 제1 및 제2 차 편도 함수는 [수학식 12]와 같이 정의할 수 있다.

[0084] [수학식 12]

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Xi_{SC}^i}{\partial R_i} &= A \left[R_i (R_{b,i}^2 - R_{a,i}^2) (\theta_{b,i} - \theta_{a,i}) \right. \\ &\quad \left. - \frac{2}{3} (R_{b,i}^3 - R_{a,i}^3) \{ \sin(\theta_{b,i} - \theta_i) - \sin(\theta_{a,i} - \theta_i) \} \right] \\ \frac{\partial \Xi_{SC}^i}{\partial \theta_i} &= \frac{2}{3} A R_i (R_{b,i}^3 - R_{a,i}^3) \{ \cos(\theta_{b,i} - \theta_i) - \cos(\theta_{a,i} - \theta_i) \} \\ \frac{\partial^2 \Xi_{SC}^i}{\partial R_i^2} &= A (R_{b,i}^2 - R_{a,i}^2) (\theta_{b,i} - \theta_{a,i}) \\ \frac{\partial^2 \Xi_{SC}^i}{\partial \theta_i^2} &= \frac{2}{3} A R_i (R_{b,i}^3 - R_{a,i}^3) \{ \sin(\theta_{b,i} - \theta_i) + \sin(\theta_i - \theta_{a,i}) \}. \end{aligned}$$

[0085]

[0086] 여기서, Ξ_{SC}^i 는 기대 자승 거리를 나타내며, R_i 는 분산 안테나의 크기, $R_{a,i}$ 및 $R_{b,i}$ 각각은 분산 안테나의 크기에 대한 최소값 및 최대값을 나타내고, θ_i 는 분산 안테나의 위상, $\theta_{a,i}$ 및 $\theta_{b,i}$ 는 분산 안테나의 위상에 대한 최소값 및 최대값을 나타낸다.

[0087] 그리고, $R_{b,i} \geq R_{a,i}$ 및 $\theta_{b,i} \geq \theta_{a,i}$ 이기 때문에 $\frac{\partial^2 \Xi_{SC}^i}{\partial R_i^2}$ 는 항상 음이 아닌 양수값을 갖는다. 중심 안테나일 경우에 $\theta_{a,i} = 0$ 이고, $\theta_{b,i} = 2\pi$ 이다. 즉, $\sin(\theta_{b,i} - \theta_i) + \sin(\theta_i - \theta_{a,i}) = 0$ 이 될 수 있다. 또한 원형 안테나의 경우, $\theta_{b,i} - \theta_i$ 및 $\theta_i - \theta_{a,i}$ 는 항상 π 보다 작다. 그래서, $\sin(\theta_{b,i} - \theta_i) + \sin(\theta_i - \theta_{a,i})$ 는 항상 음이 아닌 양수값을 갖고, 코스트 함수는 컨벡스(convex)가 된다. 그러므로 $\frac{\partial \Xi_{SC}^i}{\partial R_i} = 0$ 및 $\frac{\partial \Xi_{SC}^i}{\partial \theta_i} = 0$ 을 계산하여 기대 자승 거리를 최소화하는 고유한 $\hat{R}_i$ 및 $\hat{\theta}_i$ 을 얻을 수 있다.

[0088] 따라서, 단일 셀의 분산 안테나 시스템에 대한 i번째 분산 안테나의 위상은 [수학식 13]과 같이 정의할 수 있다.

[0089] [수학식 13]

$$\hat{\theta}_i = \arctan \left(\frac{\cos \theta_{b,i} - \cos \theta_{a,i}}{\sin \theta_{a,i} - \sin \theta_{b,i}} \right)$$

[0091] 여기서, $\hat{\theta}_i$ 는 분산 안테나의 위상을 나타내며, $\theta_{a,i}$ 및 $\theta_{b,i}$ 는 분산 안테나의 위상에 대한 최소값 및 최대값을 나타낸다.

[0092] 그리고, i번째 분산 안테나의 크기는 [수학식 14]와 같이 정의할 수 있다.

[0093] [수학식 14]

$$\hat{R}_i = \frac{2 \left(R_{b,i}^3 - R_{a,i}^3 \right) \left\{ \sin \left(\theta_{b,i} - \hat{\theta}_i \right) + \sin \left(\hat{\theta}_i - \theta_{a,i} \right) \right\}}{3 \left(R_{b,i}^2 - R_{a,i}^2 \right) \left(\theta_{b,i} - \theta_{a,i} \right)}$$

[0095] 이때, $\hat{R}_i$ 는 분산 안테나의 크기를 나타내며, $R_{a,i}$ 및 $R_{b,i}$ 각각은 분산 안테나의 크기에 대한 최소값 및 최대값을 나타낸다. $\hat{\theta}_i$ 는 분산 안테나의 위상을 나타내며, $\theta_{a,i}$ 및 $\theta_{b,i}$ 는 분산 안테나의 위상에 대한 최소값 및 최대값을 나타낸다.

[0096] 안테나 위치 결정 장치(100)는 분산 안테나의 크기 및 위상을 이용하여 분산 안테나의 위치를 결정한다(250). 즉, 안테나 위치 결정 장치(100)는 상기의 [수학식 5]에 [수학식 13]을 통해 연산한 분산 안테나의 위상 및 [수학식 14]를 통해 연산한 분산 안테나의 크기를 대입하여 분산 안테나의 위치를 결정할 수 있다.

[0097] 한편, 안테나 위치 결정 장치(100)는 중심 안테나를 구비하거나 구비하지 않은 원형 안테나 레이아웃의 경우에

$$\Omega = \sum_{i=1}^N \frac{1}{\Xi_{SC}^i \alpha/2}.$$

에서 더 큰 값을 갖는 하나를 선택할 수도 있다.

[0098] 도 5는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 안테나 위치 결정 방법을 나타낸 순서도이며, 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 두 셀을 나타낸 예시도이다.

[0099] 즉, 도 5 및 도 6을 참조하여, 두 셀에서 안테나 위치를 결정하는 방법을 설명하기로 한다. 여기서, 두 셀은 도 6에 도시된 바와 같이 셀 1(613) 및 셀 2(615)로 이루어지며, 단일 셀일 경우에 분산 안테나는 도 6에 도시된 도면 번호 620번과 같이 나타낼 수 있고, 두 셀일 경우에 분산 안테나는 도 6에 도시된 630번과 같이 나타낼 수 있다. 두 셀의 중심 사이의 거리는 $\sqrt{3}R$ 로 가정하기로 한다.

[0100] 도 5를 참조하면, 안테나 위치 결정 장치(100)는 분산 안테나의 위상 및 크기 각가에 대한 최소값과 최대값을 확인한다(510). 우선, 두 셀에서의 분산 안테나 시스템에 대한 에르고딕 용량은 [수학식 15]와 같이 정의할 수 있다.

[0101] [수학식 15]

$$C_{TC} = \mathcal{E}_{h,s,p} \left[\log_2 \left(1 + \frac{P |g_{n(1),1}|^2}{\sigma_n^2 + P |g_{n(2),1}|^2} \right) \right]$$

[0102]

[0103] 여기서, C_{TC} 은 두 셀에서 에르고딕 용량을 나타낸다. $\mathcal{E}_{h,s,p}$ 는 소규모 페이딩, 섀도잉 페이딩, 이동국 위치에 대한 기대값을 나타내고, σ_n^2 은 분산을 나타낸다.

[0104] 두셀의 에르고딕 용량을 최적화기 위하여 두 셀에 대한 기대 신호 대 잡음 및 간섭비(Signal to Interference

$$\mathcal{E}_{h,s,p} \left[\frac{P |g_{n(1),1}|^2}{\sigma_n^2 + P |g_{n(2),1}|^2} \right]$$

plus Noise Ratio: 이하, SINR로 통칭함)를 최대화하여 분석을 간소화한다. 즉, 기대 SLR에 기초하여 누설간섭(leakage interference)을 고려하고, 단순한 분석을 제공하는 다른 접근방법을 고려하여야 한다.

[0105] 셀 1에서 SLR을 $\frac{P |g_{n(1),1}|^2}{P |g_{n(1),2}|^2}$ 을 정의할 때, 셀 1에서 기대 SLR은 [수학식 16]과 같이 정의할 수 있다.

[0106] [수학식 16]

$$\mathcal{E}_{h,s,p_1,p_2}[\text{SLR}] = \mathcal{E}_{h,s,p_1,p_2} \left[\frac{s_{n(1),1} |h_{n(1),1}|^2 / d_{n(1),1}^\alpha}{s_{n(1),2} |h_{n(1),2}|^2 / d_{n(1),2}^\alpha} \right]$$

[0107]

[0108] 이때, $\mathcal{E}_{p_1}$ 및 $\mathcal{E}_{p_2}$ 는 각각 셀 1 및 2에서 이동국의 위치에 대한 기대 값을 나타낸다. 셀 1 및 셀 2에서 소규모 페이딩, 섀도잉 페이딩 및 이동국의 위치가 독립적이므로 기대 SLR은 [수학식 17]과 같이 정의할 수 있다.

[0109] [수학식 17]

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{h,s,p_1,p_2}[\text{SLR}] &= \mathcal{E}_{h,s} \left[\frac{s_{n(1),1} |h_{n(1),1}|^2}{s_{n(1),2} |h_{n(1),2}|^2} \right] \mathcal{E}_{p_1} \left[\frac{1}{d_{n(1),1}^\alpha} \right] \mathcal{E}_{p_2} \left[d_{n(1),2}^\alpha \right] \\ &\geq \mathcal{E}_{h,s} \left[\frac{s_{n(1),1} |h_{n(1),1}|^2}{s_{n(1),2} |h_{n(1),2}|^2} \right] \frac{1}{\mathcal{E}_{p_1} \left[d_{n(1),1}^2 \right]^{\frac{\alpha}{2}}} \mathcal{E}_{p_2} \left[d_{n(1),2}^\alpha \right] \end{aligned}$$

[0110]

[0111] 여기서, 기대 SLR의 하한 값은 젠슨 부등식을 적용하여 얻어진다.

[0112] 셀 1에서 i번째 분산 안테나의 위치와 이동국의 위치는 단일 셀에서 설명한 [수학식 5] 및 [수학식 6]에 의해 정의될 수 있다. 셀 2에서 이동국의 위치는 [수학식 18]과 같이 정의할 수 있다.

[0113] [수학식 18]

$$p_2 = r_2 \exp(j\phi_2) + \sqrt{3}R \quad \text{for } 0 \leq r_2 \leq R, 0 \leq \phi_2 \leq 2\pi$$

[0114]

[0115] 이때, p_2 는 셀 2에서 이동국의 위치를 나타내며, r_2 은 셀 2에서 이동국의 크기를 나타내고, ϕ_2 은 셀 2에서 이동국의 위상을 나타내며, $\sqrt{3}R$ 은 두 셀의 중심 사이의 거리를 나타내고, R은 셀 반경을 나타낸다.

[0116] 셀 1에서 i번째 분산 안테나의 위치는 [수학식 19]와 같이 정의할 수 있다.

[0117] [수학식 19]

$$\{\hat{R}_i, \hat{\theta}_i\} = \arg \max_{\{R_i, \theta_i\}} \frac{\mathcal{E}_{p_2}[d_{i2}^\alpha]}{\mathcal{E}_{p_1}[d_{i1}^2]^{\alpha/2}}$$

[0118]

[0119] 이때, $R_{a,i} \leq R_i \leq R_{b,i}$, $\theta_{a,i} \leq \theta_i \leq \theta_{b,i}$ 이다. 여기서, R_i 는 분산 안테나의 크기, $R_{a,i}$ 및 $R_{b,i}$ 각각은 분산 안테나의 크기에 대한 최소값 및 최대값을 나타내고, θ_i 는 분산 안테나의 위상, $\theta_{a,i}$ 및 $\theta_{b,i}$ 는 분산 안테나의 위상에 대한 최소값 및 최대값을 나타낸다. 안테나 위치 결정 장치(100)는 분산 안테나가 위치하는 영역을 고려하여 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 최대값 및 최소값을 확인할 수 있다.

[0120] 안테나 위치 결정 장치(100)는 기대 SLR을 최대화하기 위하여 두 셀의 기대 자승 거리를 최대화하는 거리의 자승을 연산한다(520). 즉, 안테나 위치 결정 장치(100)는 거리의 자승을 [수학식 20]과 같이 정의할 수 있다.

[0121] [수학식 20]

$$d_{i2} = \sqrt{R_i^2 + r_2^2 + 3R^2 - 2R_i r_2 \cos(\phi_2 - \theta_i) + 2\sqrt{3}R(r_2 \cos \phi_2 - R_i \cos \theta_i)}$$

[0122]

[0123] 이때, d_{i2} 는 셀 2에서의 거리의 자승을 나타내고, R_i 는 분산 안테나의 크기를 나타내며, θ_i 는 분산 안테나의 위상을 나타낸다. 그리고, r_2 은 셀 2에서 이동국의 크기를 나타내며, ϕ_2 은 셀 2에서 이동국의 위상을 나타낸다.

[0124] 안테나 위치 결정 장치(100)는 거리의 자승을 기반으로 두 셀의 기대 자승 거리에 대한 두 셀의 코스트 함수를

연산한다(530). 다시 말하면, 코스트 함수($\frac{\mathcal{E}_{p_2}[d_{i2}^\alpha]}{\mathcal{E}_{p_1}[d_{i1}^2]^{\alpha/2}}$)는 일반적으로 $\alpha > 2$ 인 경우에 대하여 연산될 수 없

다. 따라서, 코스트 함수를 $\ln \frac{\mathcal{E}_{p_2}[d_{i2}^\alpha]}{\mathcal{E}_{p_1}[d_{i1}^2]^{\alpha/2}}$ 으로 변환하고, 이렇게 변환하는 이유는 $\ln \frac{\mathcal{E}_{p_2}[d_{i2}^\alpha]}{\mathcal{E}_{p_1}[d_{i1}^2]^{\alpha/2}}$ 의 최대값

이 $\frac{\mathcal{E}_{p_2} [d_{i2}^\alpha]}{\mathcal{E}_{p_1} [d_{i1}^2]^{\alpha/2}}$ 의 최대값과 동일하며, 경로 손실 지수를 다루기 쉽게 만들기 하기 위함이다.

[0125] 코스트 함수는 [수학식 21]과 같이 정의할 수 있다.

[0126] [수학식 21]

$$\begin{aligned} \ln \frac{\mathcal{E}_{p_2} [d_{i2}^\alpha]}{\mathcal{E}_{p_1} [d_{i1}^2]^{\alpha/2}} &= \ln \mathcal{E}_{p_2} [d_{i2}^\alpha] - \ln \mathcal{E}_{p_1} [d_{i1}^2]^{\alpha/2} \\ &\geq \mathcal{E}_{p_2} \left[\ln (d_{i2}^2)^{\alpha/2} \right] - \ln \mathcal{E}_{p_1} [d_{i1}^2]^{\alpha/2} \\ &= \frac{\alpha}{2} \{ \mathcal{E}_{p_2} [\ln (d_{i2}^2)] - \ln \mathcal{E}_{p_1} [d_{i1}^2] \}. \end{aligned}$$

[0127]

[0128] 기대 자승 거리를 $\mathcal{E}_{p_2} [\ln (d_{i2}^2)] - \ln \mathcal{E}_{p_1} [d_{i1}^2]$ 로 정의할 때, i번째 분산 안테나는 [수학식 22]와 같이 정의할 수 있다.

[0129] [수학식 22]

$$\{\hat{R}_i, \hat{\theta}_i\} = \arg \max_{\{R_i, \theta_i\}} \Xi_{TC}^i$$

[0130]

[0131] 여기서, $R_{a,i} \leq R_i \leq R_{b,i}, \theta_{a,i} \leq \theta_i \leq \theta_{b,i}$ 이다.

[0132] 셀 2에서 이동국이 균일하게 분포되는 것으로 가정하면, 단일 셀의 경우와 유사한 기대 자승 거리를 얻을 수 있다. 즉, 기대 자승 거리는 [수학식 23]과 정의할 수 있다.

[0133] [수학식 23]

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{p_2} [\ln (d_{i2}^2)] &= \int_0^R \int_0^{2\pi} \ln (d_{i2}^2) r_2 \frac{2}{R^2} \frac{1}{2\pi} dr_2 d\phi_2 \\ &= \frac{1}{\pi R^2} \int_0^R r_2 \int_0^{2\pi} \ln (d_{i2}^2) dr_2 d\phi_2. \end{aligned}$$

[0134]

[0135] 이때, $\mathcal{E}_{p_2} [\ln (d_{i2}^2)]$ 는 기대 자승 거리를 나타내며, R은 셀 반경을 나타내고, d_{i2} 는 셀 2에서의 거리의 자승을 나타내고, r_2 은 셀 2에서 이동국의 크기를 나타내며, ϕ_2 은 셀 2에서 이동국의 위상을 나타낸다. 그리고, [수학식 23]에서 $1 - a^2 - b^2 \geq 0$ 인 경우에, $\int_0^{2\pi} \ln(1 + a \cos \phi + b \sin \phi) d\phi = 2\pi \ln \frac{1 + \sqrt{1 - a^2 - b^2}}{2}$ 를

이용하면, 기대 자승 거리는 [수학식 24]와 같이 정의할 수 있다.

[수학식 24]

$$\mathcal{E}_{p_2} [\ln (d_{i2}^2)] = \begin{cases} \ln R^2 - 1 + \frac{\gamma^2}{R^2} & \text{for } \gamma < R \\ \ln \gamma^2 & \text{for } \gamma \geq R \end{cases}$$

여기서, R은 셀 반경이며, r은 기대 자승 거리를 나타내기 위한 셀 상수값이며, [수학식 25]와 같이 정의할 수 있다.

[수학식 25]

$$\gamma = \sqrt{R_i^2 + 3R^2 - 2\sqrt{3}RR_i \cos \theta_i}$$

이때, R은 셀 반경을 나타내고, R_i 는 분산 안테나의 크기를 나타내며, θ_i 는 분산 안테나의 위상을 나타낸다. 즉, 안테나 위치 결정 장치(100)는 [수학식 25]에 셀 반경(R), 분산 안테나의 크기(R_i) 및 위상(θ_i)을 대입하여 셀 상수값(r)을 생성할 수 있다.

따라서, 코스트 함수는 [수학식 26]과 같이 정의할 수 있다.

[수학식 26]

$$\Xi_{TC}^i = \begin{cases} \ln R^2 - 1 + \frac{\gamma^2}{R^2} - \ln \Xi_{SC}^i & \text{for } \gamma < R \\ \ln \gamma^2 - \ln \Xi_{SC}^i & \text{for } \gamma \geq R \end{cases}$$

여기서, $0^\circ < \theta_i < 30^\circ$ 또는 $330^\circ < \theta_i < 360^\circ$ 및

$\sqrt{3}R \cos \theta_i - R\sqrt{3 \cos^2 \theta_i - 2} < R_i < R$ 이면, 셀 상수값(r)은 항상 셀 반경(R) 보다 작다. 이외의 경우에는 셀 상수값(r)이 셀 반경(R) 이상이다.

안테나 위치 결정 장치(100)는 분산 안테나의 크기 및 위상 각각에 대한 두 셀의 코스트 함수의 기울기를 연산한다(540). 구체적으로, 코스트 함수를 최대화하는 분산 안테나의 위치를 얻기 위하여 코스트 함수의 기울기 (gradient) 방향으로 분산 안테나의 위치를 반복적으로 업데이트하는 기울기 상승 알고리즘을 적용한다.

분산 안테나의 위상에 대한 기울기는 [수학식 27]과 같이 정의할 수 있다.

[수학식 27]

$$\nabla_{\theta_i} \Xi_{TC}^i = \begin{cases} \frac{1}{R} 2\sqrt{3}R_i \sin \theta_i - \frac{\partial \Xi_{SC}^i}{\partial \theta_i} / \Xi_{SC}^i & \text{for } \gamma < R \\ \frac{1}{\gamma^2} 2\sqrt{3}RR_i \sin \theta_i - \frac{\partial \Xi_{SC}^i}{\partial \theta_i} / \Xi_{SC}^i & \text{for } \gamma \geq R. \end{cases}$$

[0150] 이때, $\nabla_{\theta_i} \Xi_{TC}^i$ 는 분산 안테나의 위상에 대한 기울기를 나타내며, R은 셀 반경을 나타내고, R_i 는 분산 안테나의 크기를 나타내며, Ξ_{SC}^i 는 단일 셀의 기대 자승 거리를 나타내고, θ_i 는 분산 안테나의 위상을 나타낸다. 즉, 셀 상수값과 셀 반경을 비교한 결과에 따라 셀 상수값이 셀 반경 보다 초과하면 안테나 위치 결정 장치(100)는 [수학식 27]에 셀 반경(R), 분산 안테나의 크기(R_i) 및 위상(θ_i)을 대입하여 분산 안테나의 위상에 대한 기울기($\nabla_{\theta_i} \Xi_{TC}^i$)를 생성할 수 있다. 셀 상수값과 셀 반경을 비교한 결과에 따라 셀 상수값이 셀 반경 보다 작으면, 안테나 위치 결정 장치(100)는 [수학식 27]에 셀 상수값(r), 셀 반경(R), 분산 안테나의 크기(R_i), 단일 셀의 기대 자승 거리(Ξ_{SC}^i) 및 위상(θ_i)을 대입하여 분산 안테나의 위상에 대한 기울기($\nabla_{\theta_i} \Xi_{TC}^i$)를 생성할 수 있다.

[0151] 분산 안테나의 크기에 대한 기울기는 [수학식 28]과 같이 정의할 수 있다.

[0152] [수학식 28]

[0153]

$$\nabla_{R_i} \Xi_{TC}^i = \begin{cases} \frac{2}{R^2} (R_i - \sqrt{3}R \cos \theta_i) - \frac{\partial \Xi_{SC}^i}{\partial R_i} / \Xi_{SC}^i & \text{for } \gamma < R \\ \frac{2}{\gamma^2} (R_i - \sqrt{3}R \cos \theta_i) - \frac{\partial \Xi_{SC}^i}{\partial R_i} / \Xi_{SC}^i & \text{for } \gamma \geq R \end{cases}$$

[0154] 이때, $\nabla_{R_i} \Xi_{TC}^i$ 는 분산 안테나의 크기에 대한 기울기를 나타내며, R은 셀 반경을 나타내고, R_i 는 분산 안테나의 크기를 나타내며, Ξ_{SC}^i 는 단일 셀의 기대 자승 거리를 나타내고, θ_i 는 분산 안테나의 위상을 나타낸다. 즉, 셀 상수값과 셀 반경을 비교한 결과에 따라 셀 상수값이 셀 반경 보다 초과하면 안테나 위치 결정 장치(100)는 [수학식 28]에 셀 반경(R), 분산 안테나의 크기(R_i) 및 위상(θ_i)을 대입하여 분산 안테나의 크기에 대한 기울기($\nabla_{R_i} \Xi_{TC}^i$)를 생성할 수 있다. 셀 상수값과 셀 반경을 비교한 결과에 따라 셀 상수값이 셀 반경 보다 작으면, 안테나 위치 결정 장치(100)는 [수학식 28]에 셀 상수값(r), 셀 반경(R), 분산 안테나의 크기(R_i), 단일 셀의 기대 자승 거리(Ξ_{SC}^i) 및 위상(θ_i)을 대입하여 분산 안테나의 크기에 대한 기울기($\nabla_{R_i} \Xi_{TC}^i$)를 생성할 수 있다.

[0155] 안테나 위치 결정 장치(100)는 분산 안테나의 크기 및 위상에 대한 기울기를 이용하여 분산 안테나의 크기 및 위상을 연산한다(550). 즉, 안테나 위치 결정 장치(100)는 [수학식 29]를 이용하여 분산 안테나의 크기 및 위상을 연산할 수 있다.

[0156] [수학식 29]

[0157] $R_i \leftarrow R_i + \delta_{R_i} \cdot \nabla_{R_i} \Xi_{TC}^i$ and $\theta_i \leftarrow \theta_i + \delta_{\theta_i} \cdot \nabla_{\theta_i} \Xi_{TC}^i$

[0158] 이때, $\nabla_{R_i} \Xi_{TC}^i$ 는 분산 안테나의 크기에 대한 기울기를 나타내며, $\nabla_{\theta_i} \Xi_{TC}^i$ 는 분산 안테나의 위상에 대한 기울기를 나타낸다. δ_{R_i} 및 δ_{θ_i} 은 스텝 사이즈를 나타낸다. 이때, 스텝 사이즈는 분산 안테나의 위치가 셀 1에 대하여 결정된 후에 셀 2에서 분산 안테나의 위치가 셀 1과 셀 2 사이에서 회전 대칭 특성을 사용하여 간단하게

결정될 수 있다.

[0159] 안테나 위치 결정 장치(100)는 분산 안테나의 크기 및 위상을 이용하여 분산 안테나의 위치를 결정한다(560). 즉, 안테나 위치 결정 장치(100)는 상기의 [수학식 5]에 기울기를 통해 연산한 분산 안테나의 위상 및 기울기를 통해 연산한 분산 안테나의 크기를 대입하여 분산 안테나의 위치를 결정할 수 있다.

[0160] 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 분산 안테나의 개수 별로 단일 셀을 나타낸 예시도이고, 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 분산 안테나 시스템에서 분산 안테나의 수에 따른 평균 용량을 나타낸 그래프이며, 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 분산 안테나 시스템에서 신호 대 잡음비에 따른 평균 용량을 나타낸 그래프이다.

[0161] 도 7 내지 도 9를 참조하여 본 발명에 따른 시뮬레이션 결과를 설명하기로 한다.

[0162] 우선, 섀도잉 페이딩 및 경로 손실 지수에 대한 표준 편차는 $\sigma_{sh} = 4\text{dB}$ 및 $\alpha = 3.75$ 로 각각 설정하기로 한다. 또한, SNR은 P/σ_n^2 로 정의된다.

[0163] 분산 안테나의 개수가 3 내지 8일 경우에 도 7에 도시된 바와 같이 도면 번호 710번 내지 도면 번호 760번과 같이 나타낼 수 있다. 이때, 도 7에 도시된 점(713)은 종래 기술인 SDC 알고리즘을 이용하여 결정된 분산 안테나의 위치를 나타내며, 도 7에 도시된 별(715)은 본 발명에 따른 중심 안테나를 구비한 레이아웃에 제안된 알고리즘을 이용하여 결정된 분산 안테나의 위치를 나타내고, 도 7에 도시된 원(717)은 본 발명에 따른 중심 안테나를 구비하지 않은 레이아웃에 제안된 알고리즘을 이용하여 결정된 분산 안테나의 위치를 나타낸다.

표 1

[0164]

N	중심 안테나를 구비하는 Ω	중심 안테나를 구비하지 않는 Ω
3	39.8	63.7
4	104.7	160.3
5	185.0	307.8
6	503.4	498.3
7	861.4	718.3
8	1299.5	958.2

[0165] 상기 [표 1]은 중심 안테나의 구비 여부에 따른 Ω 를 나타낸다. [표 1]에 나타난 바와 같이 분산 안테나의 개수가 3 내지 5일 경우에는 중심 안테나를 구비하지 않은 원형 레이아웃을 선호되고, 6 내지 8인 경우에는 중심 분산 안테나가 기대 SNR의 관점에서 유용하다는 것을 나타낸다.

[0166] 도 8은 단일 셀에서 SNR이 20dB인 경우에 분산 안테나 시스템 및 중앙 집중 안테나 시스템의 다양한 포트 수에 대한 평균 용량 곡선 함수를 나타낸다. 분산 안테나 시스템의 경우에는 도 7에 도시된 분산 안테나들의 위치에 대한 선택 전송을 사용하였다. 즉, 분산 안테나 시스템은 도 8에 도시된 도면 번호 810번과 같이 나타낸다. 또한, 중앙 집중 안테나 시스템에서는 선택 전송 및 최대비율전송(Maximum Ratio Transmission: MRT) 모두 사용하였다. 즉, 최대비율전송을 사용하는 중앙 집중 안테나 시스템은 도 8에 도시된 도면 번호 820번과 같이 나타내며, 선택 전송을 사용하는 중앙 집중 안테나 시스템은 도 8에 도시된 도면 번호 830과 같이 나타낸다. 선택 전송을 사용하는 중앙 집중 안테나 시스템에 대하여 분산 안테나는 가장 큰 RSS를 갖는 하나의 안테나를 선택하고, 선택된 안테나만이 신호를 이동국에 전송한다. 분산 안테나 시스템은 분산 안테나들을 지리적으로 분리시켜 접속 거리를 감소시키기 때문에 분산 안테나의 개수가 8일 경우에 선택 전송 및 최대비율전송을 사용하는 중앙 집중 안테나 시스템과 비교하면 선택 전송을 사용하는 분산 안테나 시스템은 16% 및 32%의 용량 이득을 갖는다.

[0167] 도 9는 두 셀에서 분산 안테나의 개수가 7인 경우에 분산 안테나 시스템 및 중앙 집중 안테나 시스템의 SNR에 대한 평균 용량 곡선 함수를 나타낸다. 분산 안테나 시스템의 경우에는 단일 셀과 동일하게 분산 안테나들의 위치에 대한 선택 전송을 사용하였다. 즉, 분산 안테나 시스템은 도 9에 도시된 도면 번호 910번과 같이 나타낸다. 또한, 중앙 집중 안테나 시스템에서는 단일 셀과 동일하게 선택 전송 및 최대비율전송 모두 사용하였다. 즉, 최대비율전송을 사용하는 중앙 집중 안테나 시스템은 도 9에 도시된 도면 번호 920번과 같이 나타내며,

선택 전송을 사용하는 중앙 집중 안테나 시스템은 도 8에 도시된 도면 번호 930과 같이 나타낸다. 선택 전송을 사용하는 분산 안테나 시스템은 선택 전송 및 최대비율전송을 사용하는 중앙 집중 안테나 시스템에 비해 22% 및 38%의 용량 이득을 갖는다.

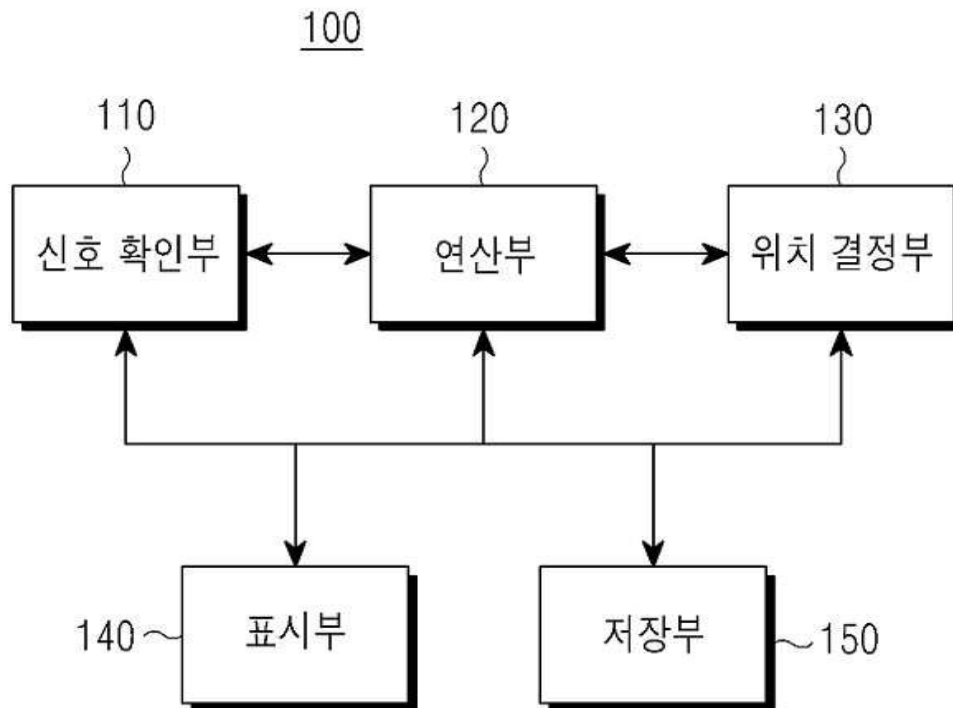
[0168] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

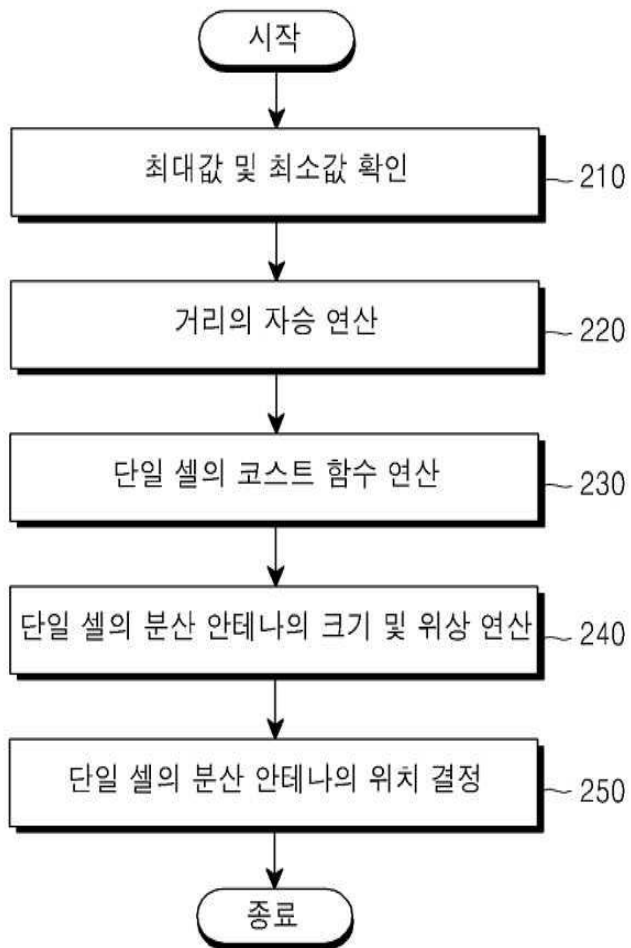
[0169] 100: 안테나 위치 결정 장치
110: 신호 확인부
120: 연산부
130: 위치 결정부
140: 표시부
150: 저장부

도면

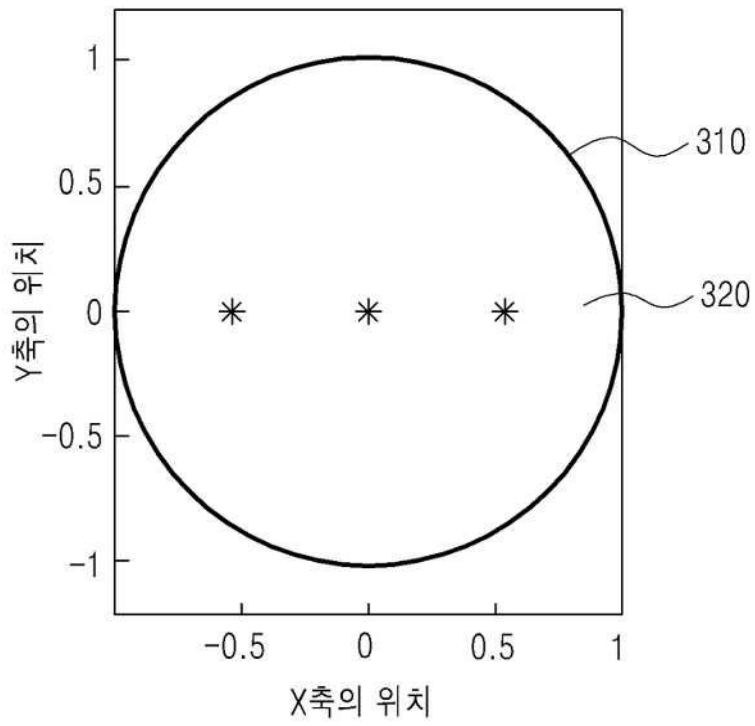
도면1



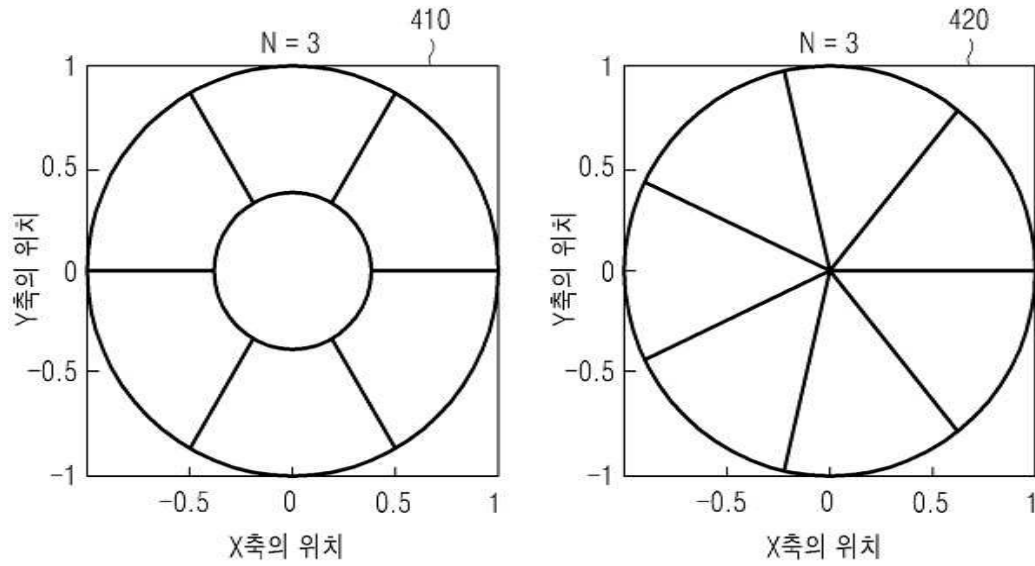
도면2



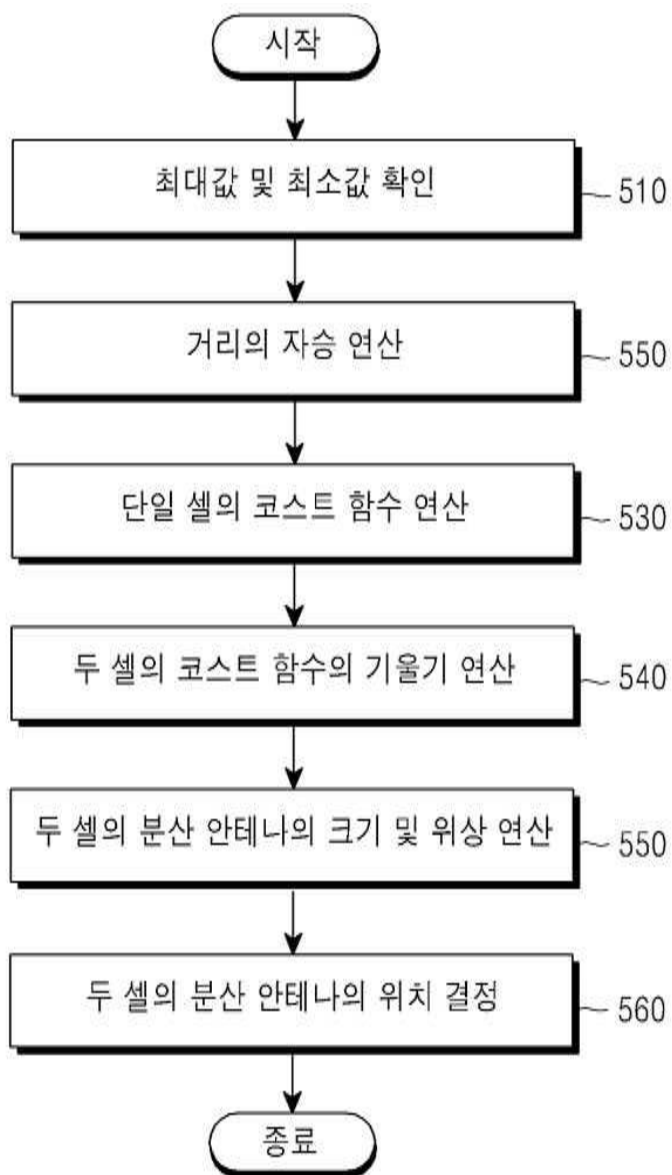
도면3



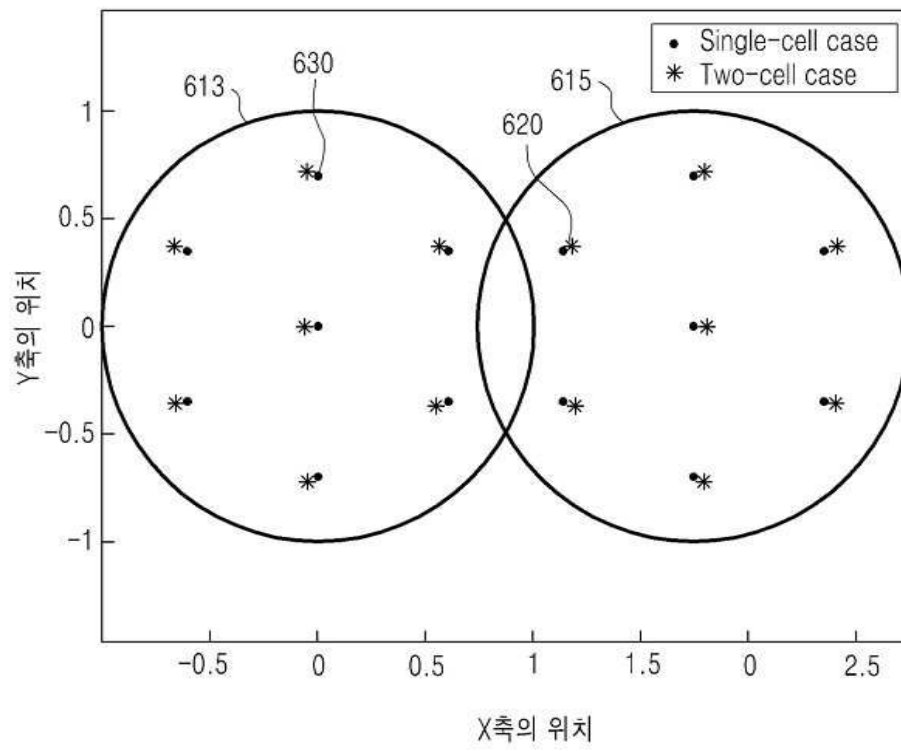
도면4



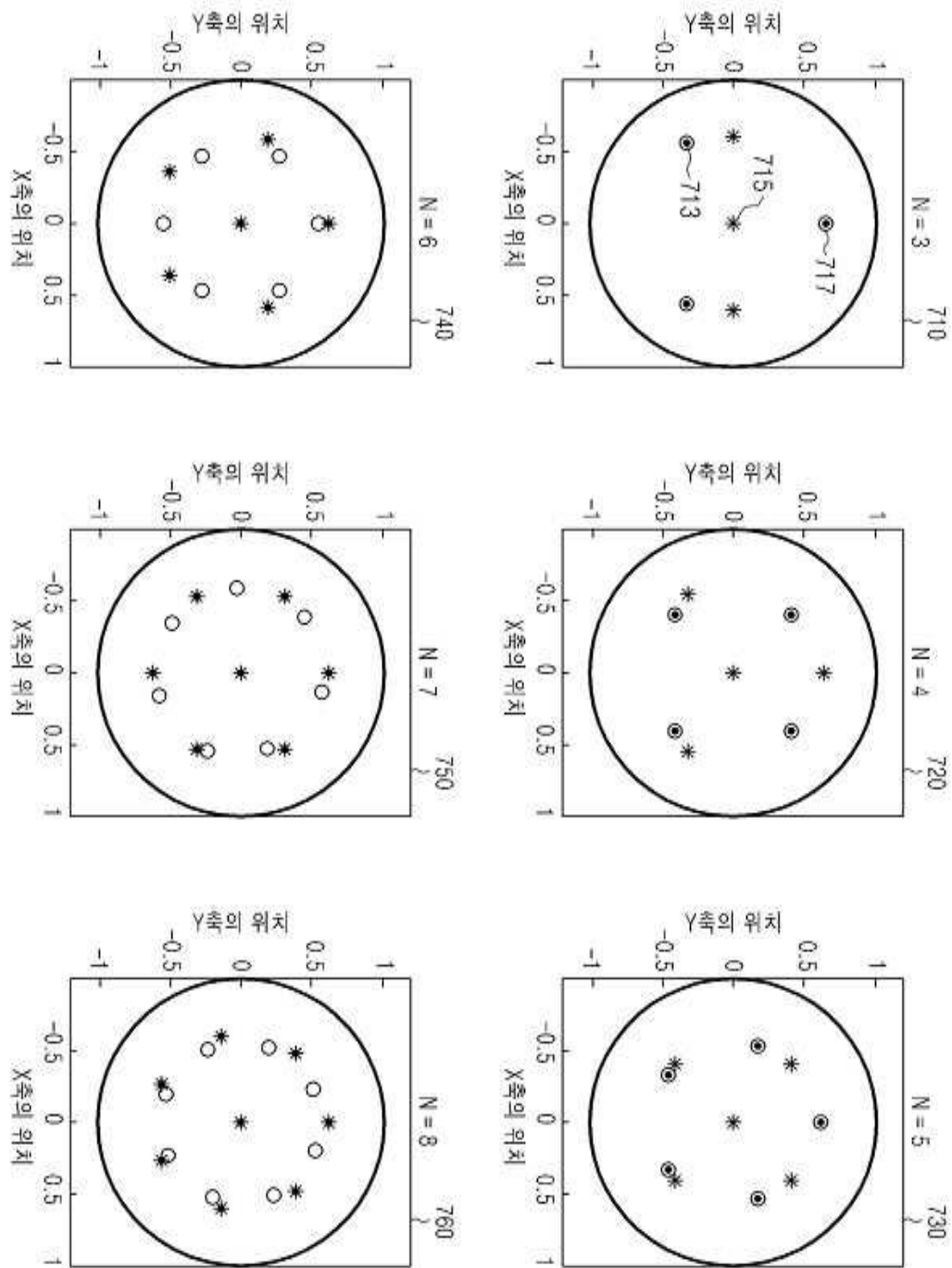
도면5



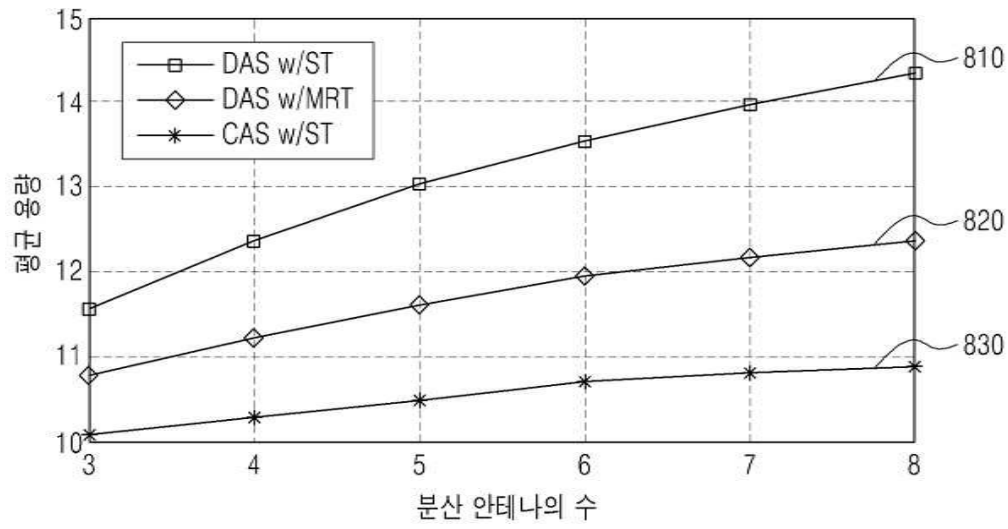
도면6



도면7



도면8



도면9

