(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년08월23일
(11) 등록번호 10-2435597
(24) 등록일자 2022년08월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/0413 (2017.01) *H04B 17/336* (2014.01)
H04B 7/06 (2017.01) *H04L 25/02* (2006.01)
H04L 5/14 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04B 7/0413 (2013.01)
H04B 17/336 (2015.01)
(21) 출원번호 10-2020-0106715
(22) 출원일자 2020년08월25일
심사청구일자 2020년08월25일
(65) 공개번호 10-2022-0026087
(43) 공개일자 2022년03월04일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020110113542 A
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 10 항

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
이병무
서울특별시 송파구 송파대로 567, 502동 602호 (잠실동, 아파트)
(74) 대리인
민영준

심사관 : 이미현

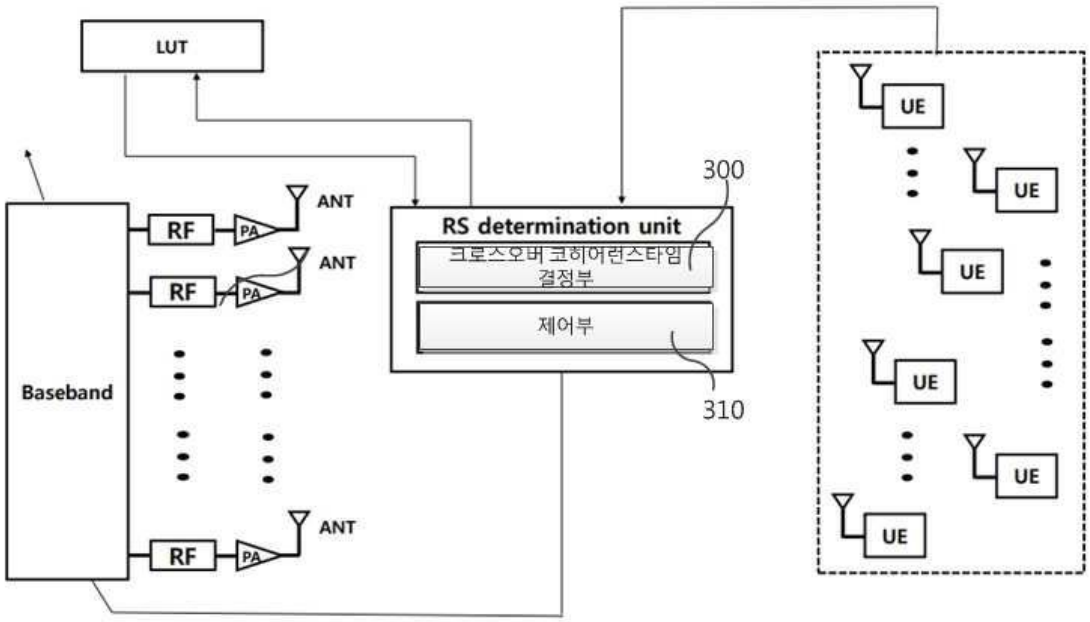
(54) 발명의 명칭 **매시브 MIMO 통신 시스템에서 다운링크 신호 송신 방법 및 장치**

(57) 요 약

매시브 MIMO 통신 시스템에서 다운링크 신호 송신 방법 및 장치가 개시된다. 개시된 방법은, 레퍼런스 신호를 전송하는 경우와 전송하지 않은 경우에 대한 주파수 효율 차이를 최소화하기 위한 크로스오버 코히어런스 타임을 획득하는 단계(a); 상기 크로스오버 코히어런스 타임에 기초하여 단말들을 제1 그룹 및 제2 그룹의 두 개의 그룹

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도3



으로 분류하는 단계(b); 상기 제1 그룹의 단말들에 대해 레퍼런스 신호를 생략한 신호를 송신하는 단계(c); 및 상기 제2 그룹의 단말들에 대해 레퍼런스 신호를 포함하는 신호를 송신하는 단계(d)를 포함하되, 상기 제1 그룹의 단말들은 코히어런스 타임이 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 작은 단말들이며, 상기 제2 그룹의 단말들은 코히어런스 타임이 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 큰 단말들이다. 개시된 장치 및 방법에 의하면, 특정 조건의 단말들에게 레퍼런스 신호를 생략하여 전송함으로써 주파수 효율을 현실적으로 개선할 수 있는 장점이 있다.

(52) CPC특허분류
H04B 7/0613 (2013.01)
H04B 7/0697 (2013.01)
H04L 25/0202 (2013.01)
H04L 5/1469 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
KR1020130084007 A
KR1020140133594 A
KR1020160010724 A
US20200220677 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711117872
과제번호 2020R1F1A1048470
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명 지능형 사이버 물리 시스템의 산업 인터넷 응용을 위한 초연결성 연구
기 여 율 1/2
과제수행기관명 세종대학교 산학협력단
연구기간 2020.06.01 ~ 2021.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711110816
과제번호 2019R1A4A1023746
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 집단연구지원(R&D)
연구과제명 Tactile Internet을 위한 초저지연 고신뢰 햅틱 데이터 통신 기술 및 촉각 센서/액튜에이터 기술 연구
기 여 율 1/2
과제수행기관명 세종대학교 산학협력단
연구기간 2020.03.01 ~ 2021.02.28

공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

레퍼런스 신호를 전송하는 경우와 전송하지 않은 경우에 대한 주파수 효율 차이를 최소화하기 위한 크로스오버 코히어런스 타임을 획득하는 단계(a);

상기 크로스오버 코히어런스 타임에 기초하여 단말들을 제1 그룹 및 제2 그룹의 두 개의 그룹으로 분류하는 단계(b);

상기 제1 그룹의 단말들에 대해 레퍼런스 신호를 생략한 신호를 송신하는 단계(c); 및

상기 제2 그룹의 단말들에 대해 레퍼런스 신호를 포함하는 신호를 송신하는 단계(d)를 포함하되,

상기 제1 그룹의 단말들은 코히어런스 타임이 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 작은 단말들이며, 상기 제2 그룹의 단말들은 코히어런스 타임이 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 큰 단말들이고,

상기 크로스오버 코히어런스 타임은 레퍼런스 신호를 전송하는 경우와 전송하지 않는 경우의 주파수 효율 차이를 최소화하기 위한 리소스 엘리먼트의 수를 이용하여 획득하는 것을 특징으로 하는 매시브 MIMO 통신 시스템에서 다운링크 신호 송신 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 주파수 효율 차이를 최소화하기 위한 리소스 엘리먼트의 수는 다음의 수학식과 같이 획득되는 것을 특징으로 하는 매시브 MIMO 통신 시스템에서 다운링크 신호 송신 방법.

$$N_c^o = \frac{K\left(2\log_2\left(1+\frac{M\rho_{\mathrm{d,k}}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{\mathrm{d,k}}\eta_i+1}\right)-\log_2\left(1+\frac{M\xi^2\rho_{\mathrm{d,k}}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{\mathrm{d,k}}\eta_i+1}\right)\right)}{\log_2\left(1+\frac{M\rho_{\mathrm{d,k}}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{\mathrm{d,k}}\eta_i+1}\right)-\log_2\left(1+\frac{M\xi^2\rho_{\mathrm{d,k}}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{\mathrm{d,k}}\eta_i+1}\right)}$$

위 수학식에서, K는 IoT 단말의 개수이며, ζd는 전체 데이터 레이트에서 다운링크로 전송되는 비율이고, (예를 들어, 0.5일 경우 50%는 다운링크로 전송되고 50%는 업링크로 전송), Np는 업링크 레퍼런스 신호의 리소스 엘리먼트 개수이고, Npdl은 다운링크 레퍼런스 신호의 리소스 엘리먼트 개수이며, γ_{mf}는 레퍼런스 신호를 사용하여 채널 추정이 정확할 경우의 SINR(Signal to Interference plus Noise Ratio)이고, $\hat{\gamma}_{mf}$는 레퍼런스 신호를 사용하지 않아 채널 추정이 부정확할 경우의 SINR이며, μ_u는 업링크 레퍼런스 신호의 proportional factor(렌퍼런스 신호는 단말의 수에 비례한다고 가정)이고, M은 매시브 MIMO 안테나의 개수이며, $\rho_{\mathrm{d,k}}$는 k번째 IoT 단말의 다운링크 SNR(Singal to Noise Ratio)이며, η_k는 k번째 IoT 단말의 전력 조절 계수이며, Nc는 코히어런스 시간 단위의 리소스 엘리먼트의 수이다.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 크로스오버 코히어런스 타임은 주파수 효율 차이를 최소화하기 위한 리소스 엘리먼트의 수를 총 리소스 엘리먼트의 수로 나누어 연산하는 것을 특징으로 하는 매시브 MIMO 통신 시스템에서 다운링크 신호 송신 방법.

청구항 5

레퍼런스 신호를 전송하는 경우와 전송하지 않은 경우에 대한 주파수 효율 차이를 최소화하기 위한 크로스오버 코히어런스 타임을 획득하는 단계(a);

상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 작은 코히어런스 타임을 가진 단말들의 수 및 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 큰 코히어런스 타임을 가진 단말들의 수를 카운팅하는 단계(b);

상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 작은 코히어런스 타임을 가진 단말들의 수가 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 큰 코히어런스 타임을 가진 단말들의 수보다 많을 경우, 모든 단말들에 대해 레퍼런스 신호를 생략한 신호를 송신하는 단계(c);

상기 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 작은 코히어런스 타임을 가진 단말들의 수가 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 큰 코히어런스 타임을 가진 단말들의 수보다 작을 경우, 모든 단말들에 대해 레퍼런스 신호를 포함한 신호를 송신하는 단계(d)를 포함하는 것을 특징으로 하는 매시브 MIMO 통신 시스템에서 다운링크 신호 송신 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 크로스오버 코히어런스 타임은 레퍼런스 신호를 전송하는 경우와 전송하지 않는 경우의 주파수 효율 차이를 최소화하기 위한 리소스 엘리먼트의 수를 이용하여 획득하는 것을 특징으로 하는 매시브 MIMO 통신 시스템에서 다운링크 신호 송신 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 주파수 효율 차이를 최소화하기 위한 리소스 엘리먼트의 수는 다음의 수학식과 같이 획득되는 것을 특징으로 하는 매시브 MIMO 통신 시스템에서 다운링크 신호 송신 방법.

$$N_c^o = \frac{K\left(2\log_2\left(1+\frac{M\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)-\log_2\left(1+\frac{M\xi^2\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)\right)}{\log_2\left(1+\frac{M\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)-\log_2\left(1+\frac{M\xi^2\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)}$$

위 수학식에서, K는 IoT 단말의 개수이며, ζd는 전체 데이터 레이트에서 다운링크로 전송되는 비율이고, (예를 들어, 0.5일 경우 50%는 다운링크로 전송되고 50%는 업링크로 전송), Np는 업링크 레퍼런스 신호의 리소스 엘리먼트 개수이고, Npdl은 다운링크 레퍼런스 신호의 리소스 엘리먼트 개수이며, γ_{mf}는 레퍼런스 신호를 사용하여 채널 추정이 정확할 경우의 SINR(Signal to Interference plus Noise Ratio)이고, $\hat{\gamma}_{mf}$는 레퍼런스 신호를 사용하지 않아 채널 추정이 부정확할 경우의 SINR이며, μ_u는 업링크 레퍼런스 신호의 proportional factor(렌퍼런

스 신호는 단말의 수에 비례한다고 가정)이고, M은 매시브 MIMO 안테나의 개수이며, $\rho_{d,k}$는 k번째 IoT 단말의 다운링크 SNR(Singal to Noise Ratio)이며, η_k는 k번째 IoT 단말의 전력 조절 계수이며, Nc는 코히어런스 시간 단위의 리소스 엘리먼트의 수이다.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 크로스오버 코히어런스 타임은 주파수 효율 차이를 최소화하기 위한 리소스 엘리먼트의 수를 총 리소스 엘리먼트의 수로 나누어 연산하는 것을 특징으로 하는 매시브 MIMO 통신 시스템에서 다운링크 신호 송신 방법.

청구항 9

레퍼런스 신호를 전송하는 경우와 전송하지 않은 경우에 대한 주파수 효율 차이를 최소화하기 위한 크로스오버 코히어런스 타임을 결정하는 크로스오버 코히어런스 타임 결정부; 및

상기 크로스오버 코히어런스 타임에 기초하여 단말들을 제1 그룹 및 제2 그룹의 두 개의 그룹으로 분류하고, 상기 제1 그룹의 단말들에 대해 레퍼런스 신호를 생략한 신호를 송신하도록 제어하며, 상기 제2 그룹의 단말들에 대해 레퍼런스 신호를 포함하는 신호를 송신하도록 제어하는 제어부를 포함하되,

상기 제1 그룹의 단말들은 코히어런스 타임이 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 작은 단말들이며, 상기 제2 그룹의 단말들은 코히어런스 타임이 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 큰 단말들이고,

상기 크로스오버 코히어런스 타임은 레퍼런스 신호를 전송하는 경우와 전송하지 않는 경우의 주파수 효율 차이를 최소화하기 위한 리소스 엘리먼트의 수를 이용하여 결정되는 것을 특징으로 하는 매시브 MIMO 통신 시스템에서 다운링크 신호 송신 장치.

청구항 10

삭제

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 주파수 효율 차이를 최소화하기 위한 리소스 엘리먼트의 수는 다음의 수학식과 같이 획득되는 것을 특징으로 하는 매시브 MIMO 통신 시스템에서 다운링크 신호 송신 장치.

$$N_c^o = \frac{K\left(2\log_2\left(1+\frac{M\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)-\log_2\left(1+\frac{M\xi^2\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)\right)}{\log_2\left(1+\frac{M\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)-\log_2\left(1+\frac{M\xi^2\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)}$$

위 수학식에서, K는 IoT 단말의 개수이며, ζd는 전체 데이터 레이트에서 다운링크로 전송되는 비율이고, (예를 들어, 0.5일 경우 50%는 다운링크로 전송되고 50%는 업링크로 전송), Np는 업링크 레퍼런스 신호의 리소스 엘리먼트 개수이고, Npdl은 다운링크 레퍼런스 신호의 리소스 엘리먼트 개수이며, γ_{mf}는 레퍼런스 신호를 사용하여 채널 추정이 정확할 경우의 SINR(Signal to Interference plus Noise Ratio)이고, $\hat{\gamma}_{mf}$는 레퍼런스 신호를 사용하지 않아 채널 추정이 부정확할 경우의 SINR이며, μ_u는 업링크 레퍼런스 신호의 proportional factor(렌퍼런

스 신호는 단말의 수에 비례한다고 가정)이고, M은 매시브 MIMO 안테나의 개수이며, $\rho_{d,k}$는 k번째 IoT 단말의 다운링크 SNR(Singal to Noise Ratio)이며, η_k 는 k번째 IoT 단말의 전력 조절 계수이며, Nc는 코히어런스 시간 단위의 리소스 엘리먼트의 수이다.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 크로스오버 코히어런스 타임은 주파수 효율 차이를 최소화하기 위한 리소스 엘리먼트의 수를 총 리소스 엘리먼트의 수로 나누어 연산하는 것을 특징으로 하는 매시브 MIMO 통신 시스템에서 다운링크 신호 송신 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 다운링크 신호 송신 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 매시브 MIMO 시스템에서 다운링크 신호 송신 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 5G가 현실적으로 도입하면서 기지국을 통해 서비스되는 단말들의 수도 급격히 증가하고 있다. 특히, 다수의 IoT 단말들이 통신 시스템에 편입되면서 서비스되는 단말들의 증가 속도는 더욱 가속화되고 있다.

[0004] 다수의 단말들을 동시에 서비스하기 위해 5G에서는 매시브 MIMO 시스템이 도입되었다. 매시브 MIMO는 기존의 MIMO에 비해 더 많은 수의 안테나를 기지국에 설치하여 단말들을 서비스하는 방식으로서, 대규모의 안테나가 기지국에 설치된다.

[0005] 매시브 MIMO는 많은 수의 안테나를 사용하기에 더 높은 밀도의 공간 다중화를 가능하게 하며, 매시브 MIMO 시스템의 초기 버전은 이미 표준으로 설정이 된 상태이고, 매시브 MIMO가 데이터 전송 속도 측면에서 우수한 성능을 발휘할 수 있다는 점은 여러 연구를 통해 입증되었다.

[0006] 매시브 MIMO를 이용하여 급격히 증가한 수의 단말을 서비스한다고 할지라도 각 단말에는 여전히 채널 추정을 위해 레퍼런스 신호가 전송되어야 한다. 레퍼런스 신호는 전체적인 통신 시스템 동작에서 상당한 오버헤드로 작용하게 되며, 증가된 수의 모든 단말들에 레퍼런스 신호가 제공될 경우 현실적인 전송 속도 개선을 기대하기 어렵다.

[0007] 이러한 이유로 레퍼런스 신호의 전송 주기 또는 빈도 등을 조절하는 연구가 제안되기도 하였으나 현실적인 개선을 기대하기 어려웠다. 단말들은 이동성을 가지기에 레퍼런스 신호가 없으면 정확한 채널 추정이 이루어지지 않아 심각한 성능 저하를 초래하게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 특정 조건의 단말들에게 레퍼런스 신호를 생략하여 전송함으로써 주파수 효율을 현실적으로 개선할 수 있는 매시브 MIMO 시스템의 다운링크 신호 송신 방법 및 장치를 제안한다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기와 같은 목적을 달성하기 위해 본 발명의 일 측면에 따르면, 레퍼런스 신호를 전송하는 경우와 전송하지 않은 경우에 대한 주파수 효율 차이를 최소화하기 위한 크로스오버 코히어런스 타임을 획득하는 단계(a); 상기 크로스오버 코히어런스 타임에 기초하여 단말들을 제1 그룹 및 제2 그룹의 두 개의 그룹으로 분류하는 단계(b); 상기 제1 그룹의 단말들에 대해 레퍼런스 신호를 생략한 신호를 송신하는 단계(c); 및 상기 제2 그룹의 단말들에 대해 레퍼런스 신호를 포함하는 신호를 송신하는 단계(d)를 포함하되, 상기 제1 그룹의 단말들은 코히어런스

타임이 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 작은 단말들이며, 상기 제2 그룹의 단말들은 코히어런스 타임이 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 큰 단말들인 매시브 MIMO 통신 시스템에서 다운링크 신호 송신 방법이 제공된다.

[0012] 상기 크로스오버 코히어런스 타임은 레퍼런스 신호를 전송하는 경우와 전송하지 않는 경우의 주파수 효율 차이를 최소화하기 위한 리소스 엘리먼트의 수를 이용하여 획득한다.

[0013] 상기 주파수 효율 차이를 최소화하기 위한 리소스 엘리먼트의 수는 다음의 수학식과 같이 획득된다.

[0014]
$$N_c^o = \frac{K\left(2\log_2\left(1+\frac{M\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)-\log_2\left(1+\frac{M\xi^2\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)\right)}{\log_2\left(1+\frac{M\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)-\log_2\left(1+\frac{M\xi^2\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)}$$

[0015] 위 수학식에서, K는 IoT 단말의 개수이며, ζd는 전체 데이터 레이트에서 다운링크로 전송되는 비율이고, (예를 들어, 0.5일 경우 50%는 다운링크로 전송되고 50%는 업링크로 전송), Np는 업링크 레퍼런스 신호의 리소스 엘리먼트 개수이고, Npdl은 다운링크 레퍼런스 신호의 리소스 엘리먼트 개수이며, γ_{mf}는 레퍼런스 신호를 사용하여 채널 추정이 정확할 경우의 SINR(Signal to Interference plus Noise Ratio)이고, $\hat{\gamma}_{mf}$는 레퍼런스 신호를 사용하지 않아 채널 추정이 부정확할 경우의 SINR이며, μ_u는 업링크 레퍼런스 신호의 proportional factor(렌퍼런스 신호는 단말의 수에 비례한다고 가정)이고, M은 매시브 MIMO 안테나의 개수이며, $\rho_{d,k}$는 k번째 IoT 단말의 다운링크 SNR(Singal to Noise Ratio)이며, η_k는 k번째 IoT 단말의 전력 조절 계수이며, Nc는 코히어런스 시간 단위의 리소스 엘리먼트의 수이다.

[0016] 상기 크로스오버 코히어런스 타임은 주파수 효율 차이를 최소화하기 위한 리소스 엘리먼트의 수를 총 리소스 엘리먼트의 수로 나누어 연산한다.

[0017] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 레퍼런스 신호를 전송하는 경우와 전송하지 않은 경우에 대한 주파수 효율 차이를 최소화하기 위한 크로스오버 코히어런스 타임을 획득하는 단계(a); 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 작은 코히어런스 타임을 가진 단말들의 수 및 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 큰 코히어런스 타임을 가진 단말들의 수를 카운팅하는 단계(b); 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 작은 코히어런스 타임을 가진 단말들의 수가 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 큰 코히어런스 타임을 가진 단말들의 수보다 많을 경우, 모든 단말들에 대해 레퍼런스 신호를 생략한 신호를 송신하는 단계(c); 상기 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 작은 코히어런스 타임을 가진 단말들의 수가 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 큰 코히어런스 타임을 가진 단말들의 수보다 작을 경우, 모든 단말들에 대해 레퍼런스 신호를 포함한 신호를 송신하는 단계(d)를 포함하는 매시브 MIMO 통신 시스템에서 다운링크 신호 송신 방법이 제공된다.

[0018] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 레퍼런스 신호를 전송하는 경우와 전송하지 않은 경우에 대한 주파수 효율 차이를 최소화하기 위한 크로스오버 코히어런스 타임을 결정하는 크로스오버 코히어런스 타임 결정부; 및 상기 크로스오버 코히어런스 타임에 기초하여 단말들을 제1 그룹 및 제2 그룹의 두 개의 그룹으로 분류하고, 상기 제1 그룹의 단말들에 대해 레퍼런스 신호를 생략한 신호를 송신하도록 제어하며, 상기 제2 그룹의 단말들에 대해 레퍼런스 신호를 포함하는 신호를 송신하도록 제어하는 제어부를 포함하되, 상기 제1 그룹의 단말들은 코히어런스 타임이 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 작은 단말들이며, 상기 제2 그룹의 단말들은 코히어런스 타임이 상기 크로스오버 코히어런스 타임보다 큰 단말들인 매시브 MIMO 통신 시스템에서 다운링크 신호 송신 장치가 제공된다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 의하면, 특정 조건의 단말들에게 레퍼런스 신호를 생략하여 전송함으로써 주파수 효율을 현실적으로 개선할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 매시브 MIMO 통신 시스템에서 다운링크 신호 송신 방법이 적용되는 매시브 MIMO 통신 시스템의 개략적 구조를 나타낸 도면.

도 2는 코히어런스 타임에 따라 레퍼런스 신호를 사용하는 경우와 레퍼런스 신호를 사용하지 않는 경우의 주파수 효율(Spectral Efficiency)을 코히어런스 타임에 따라 나타낸 그래프.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 매시브 MIMO 통신 시스템의 다운링크 신호 송신 장치의 구조를 도시한 블록도.

도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 매시브 MIMO 통신 시스템의 다운링크 신호 송신 방법을 나타낸 순서도.

도 5는 본 발명의 제2 실시예에 따른 매시브 MIMO 통신 시스템의 신호 송신 방법을 나타낸 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 따라서 여기에서 설명하는 실시예로 한정되는 것은 아니다.

[0024] 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0025] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 부재를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.

[0026] 또한 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 구비할 수 있다는 것을 의미한다.

[0027] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 매시브 MIMO 통신 시스템에서 다운링크 신호 송신 방법이 적용되는 매시브 MIMO 통신 시스템의 개략적 구조를 나타낸 도면이다.

[0029] 도 1을 참조하면, 매시브 MIMO 통신 시스템은 기지국(Base station, 100), 기지국에 설치되는 다수의 매시브 MIMO 안테나들(110) 및 다수의 단말(120)을 포함한다.

[0030] 매시브 MIMO 통신 시스템은 기지국에 매우 많은 수의 안테나가 설치되며, 다수의 안테나를 통해 공간 다이버시티를 구현함으로써 동일 자원을 사용하면서 다수의 단말(120)과 통신이 가능하도록 한다.

[0031] 매시브 MIMO 통신 시스템은 통상의 MIMO 통신 시스템에 비해 더 많은 수의 안테나를 사용함으로써 빔 조향 특성을 향상시키고, 이를 통해 동시에 서비스하는 단말의 수를 증가시킴으로써 더 높은 주파수 효율을 달성할 수 있도록 한다.

[0032] 본 발명의 일 실시예에 따르면 기지국(100)과 단말(120)의 통신은 TDD 방식으로 이루어질 수 있으며, 기지국(100)에서 단말로 신호를 송신하는 다운링크 주기와 단말(120)이 기지국에 신호를 송신하는 업링크 주기가 반복되면서 통신이 이루어지며, 본 발명은 기지국에서 단말로 다운링크 신호를 송신하는 방법에 관한 것이다.

[0033] 일반적인 통신 시스템에서는 레퍼런스 신호를 단말로 보내야 할 데이터 신호에 앞서 전송한다. 레퍼런스 신호는 기지국과 단말 사이에 미리 설정되어 알고 있는 신호로서, 레퍼런스 신호를 이용하여 기지국과 단말 사이의 다운링크 채널이 추정된다.

[0034] 기지국으로부터 송신되는 다운링크 신호는 공기 중의 채널을 거치면서 변화되며, 이러한 채널의 변화 정보를 레퍼런스 신호를 이용하여 추정하고, 추정된 채널을 적용하여 수신된 신호를 디코딩하는 것이다.

[0035] 정확한 송신 신호의 디코딩을 위해 채널 추정은 필수적이며, 채널 추정을 위해 기지국(100)과 단말(120) 사이에 미리 알고 있는 레퍼런스 신호를 송신하는 것은 필수적인 절차였다.

[0036] 그러나, 레퍼런스 신호는 실제로 기지국(100)이 단말(120)에 전송하여야 하는 데이터가 아니고 채널 추정의 용도로만 필요한 신호이기에 빈번한 레퍼런스 신호의 전송은 통신 시스템의 전체적인 주파수 효율(Spectral Efficiency)를 떨어뜨릴 수 밖에 없다. 예를 들어, LTE 시스템의 경우 서브 프레임 주기별로 레퍼런스 신호를

전송하고 이를 이용하여 채널 추정을 하기 때문에 레퍼런스 신호의 전송 및 채널 추정은 시스템에 오버헤드를 발생시켜 주파수 효율을 저하시키는 주요한 요인으로 작용한다.

[0037] 5G 통신 시스템에서는 다수의 IoT 단말들이 통신 시스템에 참여하게 되고, 기지국이 서빙해야되는 단말의 수는 급격히 증가한다. IoT 단말들에 대해서도 동일하게 레퍼런스 신호를 송신한 후 채널 추정이 이루어져야 하기에 레퍼런스 신호의 송신으로 인한 주파수 효율 저하는 기지국이 서빙하는 단말의 수가 증가할수록 더 심화된다.

[0038] 한편, 대규모의 안테나가 기지국에 설치되는 매시브 MIMO 시스템에서는 채널 강화 효과라는 특수한 효과가 발생한다.

[0039] 기지국에 설치되는 안테나의 수가 증가할수록 채널은 특정 평균값으로 수렴하고 변동이 적어지는 효과를 채널 강화 효과로 정의한다. 일반적으로 채널은 크기와 위상으로 정의되며, 기지국에서 송신한 신호의 크기 및 위상이 어떻게 변화되는 것인가를 정의하는 것이다.

[0040] 그러나, 대규모의 안테나가 사용되는 매시브 MIMO 시스템에서는 위상 변화가 거의 발생하지 않으며, 거리에 따른 채널 이득의 변화만이 발생하게 되는 것이다. 본 발명은 매시브 MIMO 시스템에서 발생하는 채널 강화 효과에 착안하여 특정 조건에서는 다운링크 신호에서 레퍼런스 신호를 생략하여 전송하는 방법과, 레퍼런스 신호를 생략하는 조건을 정하는 방법을 함께 제안한다.

[0041] 채널 강화 효과에 의해 특정 경우에서는 채널을 추정하지 않더라도 한번 측정된 평균 채널 이득(ACG: Average Channel Gain)만으로 채널 추정이 가능할 수 있다. 그러나, 단말들은 이동하게 되며, 단말이 이동하게 되면 평균 채널 이득 역시 변화하기에 AGC만으로 채널을 추정하는 것은 용이하지 않은 일이며, 본 발명은 레퍼런스 신호를 생략할 수 있는 조건 정보를 제공함으로써 주파수 효율을 높일 수 있는 방법을 제안한다.

[0042] 도 2는 코히어런스 타임에 따라 레퍼런스 신호를 사용하는 경우와 레퍼런스 신호를 사용하지 않는 경우의 주파수 효율(Spectral Efficiency)을 코히어런스 타임에 따라 나타낸 그래프이다.

[0043] 코히어런스(Coherence) 타임은 단말의 이동 속도를 나타내는 지표 중 하나이다. 단말의 이동 속도가 클수록 코히어런스 타임은 크게 나타난다. 본 발명의 발명자의 연구에 의하면, RS 생략에 따른 주파수 효율과 코히어런스 타임은 상관 관계가 있으며, 이 상관 관계를 나타낸 그래프가 도 2이다.

[0044] 도 2에는 레퍼런스 신호를 사용하는 경우와 레퍼런스 신호를 사용하는 경우의 주파수 효율이 코히어런스 타임에 따라 각각 표시되어 있다. 도 2에서, 세모 표시는 레퍼런스 신호를 사용하지 않는 경우이며, 네모 표시는 레퍼런스 신호를 사용하는 경우이다.

[0045] 도 2를 참조하면, 코히어런스 타임이 작은 경우에는 레퍼런스 신호를 사용하지 않는 경우에 더 높은 주파수 효율을 보인다. 그러나, 코히어런스 타임이 큰 경우에는 레퍼런스 신호를 사용할 때 더 높은 주파수 효율을 보이는 것을 확인할 수 있다.

[0046] 도 2에 도시된 바와 같이, 코히어런스 타임에 따라 주파수 효율이 달라지는 코히어런스 타임의 크로스오버 포인트가 존재하며, 본 발명은 이와 같은 크로스오버 코히어런스 타임을 찾아내 이를 레퍼런스 신호를 생략하는 조건으로 사용하도록 한다.

[0047] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 매시브 MIMO 통신 시스템의 다운링크 신호 송신 장치의 구조를 도시한 블록도이다.

[0048] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 매시브 MIMO 통신 시스템의 다운링크 신호 송신 장치는 크로스오버 코히이런스 타임 결정부(300) 및 제어부(310)를 포함한다.

[0049] 크로스오버 코히어런스 타임 결정부(300)는 레퍼런스 신호를 생략하는 조건에 해당되는 크로스오버 코히어런트 타임을 결정하는 기능을 한다.

[0050] 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 크로스오버 코히어런스 타임을 결정하기 위해 주파수 효율 차이에 대한 함수(J_{mr})를 설정한다. 바람직하게는, MR 프리코딩에 따른 주파수 효율 차이에 대한 함수(J_{mr})를 설정한다. 여기서, 주파수 효율 차이에 대한 함수는 레퍼런스 신호를 사용하는 경우와 사용하지 않는 경우에 대한 주파수 효율 차이를 의미한다.

[0051] 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 효율 차이에 대한 함수(J_{mr})는 다음이 수학식 1과 같이 설정된다.

수학식 1

$$J_{mr} = \zeta^d \left(1 - \left(\frac{N_p + N_p^{dl}}{N_c}\right)\right) \log_2\left(1 + \gamma_{mf}\right) - \zeta^d \left(1 - \left(\frac{N_p}{N_c}\right)\right) \log_2\left(1 + \hat{\gamma}_{mf}\right)$$
$$= \zeta^d \left(1 - \left(\frac{\mu_u K + \mu_d K}{N_c}\right)\right) \log_2\left(1 + \frac{M\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K} \rho_{d,k}\eta_i + 1}\right) - \zeta^d \left(1 - \frac{\mu_u K}{N_c}\right) \log_2\left(1 + \frac{M\xi^2\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K} \rho_{d,k}\eta_i + 1}\right)$$

[0052]

[0053] 위 수학식 1에서, K는 IoT 단말의 개수이며, ζd는 전체 데이터 레이트에서 다운링크로 전송되는 비율이고, (예를 들어, 0.5일 경우 50%는 다운링크로 전송되고 50%는 업링크로 전송), Np는 업링크 레퍼런스 신호의 리소스 엘리먼트 개수이고, Npdl은 다운링크 레퍼런스 신호의 리소스 엘리먼트 개수이며, γ_{mf}는 레퍼런스 신호를 사용하여 채널 추정이 정확할 경우의 SINR(Signal to Interference plus Noise Ratio)이고, $\hat{\gamma}_{mf}$는 레퍼런스 신호를 사용하지 않아 채널 추정이 부정확할 경우의 SINR이며, μ_u는 업링크 레퍼런스 신호의 proportional factor(렌퍼런스 신호는 단말의 수에 비례한다고 가정)이고, M은 매시브 MIMO 안테나의 개수이며, $\rho_{d,k}$는 k번째 IoT 단말의 다운링크 SNR(Singal to Noise Ratio)이며, η_k는 k번째 IoT 단말의 전력 조절 계수이며, Nc는 코히어런스 시간 단위의 리소스 엘리먼트의 수이다.

[0054] 크로스오버 포인트를 찾기 위해, 위 수학식1을 최소화하기 위한 단위 시간당 리소스 엘리먼트의 수(N_c)를 획득한다. 이는 다음의 수학식 2와 같이 표현될 수 있다.

수학식 2

$$\min_{N_c} \left(\zeta^d \left(1 - \frac{2K}{N_c}\right) \log_2\left(1 + \frac{M\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K} \rho_{d,k}\eta_i + 1}\right) - \zeta^d \left(1 - \frac{K}{N_c}\right) \log_2\left(1 + \frac{M\xi^2\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K} \rho_{d,k}\eta_i + 1}\right)\right)^2$$
$$\text{s.t. } N_c > 0,$$

[0055]

[0056] 위와 같은 수학식 2는 편미분을 통해 해를 구할 수 있으며, 일례로, 주파수 효율 차이에 대한 함수(J_{mr})를 최소화하기 위한 단위 시간당 리소스 엘리먼트의 수는 다음의 수학식 3가 같은 편미분을 통해 획득할 수 있을 것이다.

수학식 3

$$\frac{\partial J_{mr}^2}{\partial N_c} = \frac{\partial}{\partial N_c}\left(\zeta^d\left(1-\frac{2K}{N_c}\right)\log_2\left(1+\frac{M\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_k+1}\right)-\zeta^d\left(1-\frac{K}{N_c}\right)\log_2\left(1+\frac{M\xi^2\rho_{d,k}\eta_i}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)\right)^2$$
$$=2\left(\zeta^d K\left(1-\frac{2K}{N_c}\right)\log_2\left(1+\frac{M\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)-\left(\zeta^d K\left(1-\frac{K}{N_c}\right)\right)\log_2\left(1+\frac{M\xi^2\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)\right)$$
$$\cdot\left(\frac{2\zeta^d K^2\log_2\left(1+\frac{M\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)}{N^2{}_c}-\frac{\zeta^d K^2\log_2\left(1+\frac{M\xi^2\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)}{N^2{}_c}\right)=0$$

[0057]

[0058] 위 수학식 3과 같은 편미분 과정을 통해 최적의 N_c인 N_c^o획득할 수 있는 closed-form 형태의 수학식은 다음의 수학식 4와 같다.

수학식 4

$$N_c^o = \frac{K\left(2\log_2\left(1+\frac{M\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)-\log_2\left(1+\frac{M\xi^2\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)\right)}{\log_2\left(1+\frac{M\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)-\log_2\left(1+\frac{M\xi^2\rho_{d,k}\eta_k}{\sum_{i=1}^{K}\rho_{d,k}\eta_i+1}\right)}$$

[0059]

[0060] 위 수학식 4와 같이 주파수 효율 차이에 대한 함수를 최소화하기 위한 최적의 N_c^o를 획득하면, 최적의 N_c^o를 이용하여 크로스오버 코히어런스 타임을 결정한다.

[0061] 크로스오버 코히어런스 타임(τ_c^o)은 최적의 리소스 엘리먼트의 수 (N_c^o)를 단위 시간당 총 리소스 엘리먼트의 수 (Nb)로 나누는 것에 의해 결정되며, 이는 다음의 수학식 5와 같이 정의된다.

수학식 5

$$\tau_c^o = \frac{N_c^o}{N_b}.$$

[0062]

[0063] 결국, 본 발명은 레퍼런스 신호를 사용하는 경우와 레퍼런스 신호를 사용하지 않은 경우의 주파수 효율의 차를 최소화하기 위한 최적의 리소스 엘리먼트의 수를 획득함으로써 크로스오버 코히어런스 타임을 결정하는 것이다.

[0064] 제어부(310)는 크로스오버 코히어런스 타임 결정부(300)에서 결정된 크로스오버 코히어런스 타임에 기초하여 매시브 MIMO 통신 시스템의 송신 신호를 제어한다.

[0065] 본 발명의 제1 실시예에 따르면, 제어부(310)는 결정된 크로스오버 코히어런스 타임에 기초하여 단말들을 그룹

핑한다. 일례로, 제1 그룹은 크로스오버 코히어런스 타임에 비해 작은 코히어런스 타임들을 가진 단말들이고, 제2 그룹은 크로스오버 코히어런스 타임에 비해 큰 코히어런스 타임들을 가진 단말들이다.

[0066] 그룹핑이 완료되면, 제어부(310)는 각 그룹별 송신 신호를 서로 다르게 제어한다. 구체적으로, 제어부(310)는 제1 그룹의 단말들에 레퍼런스 신호가 생략된 신호를 전송하도록 제어한다. 한편, 제어부(310)는 제2 그룹의 단말들에 대해 레퍼런스 신호를 포함하는 신호를 전송하도록 제어한다.

[0067] 본 발명의 제2 실시예에 따르면, 제어부(310)는 결정된 크로스오버 코히어런스 타임보다 큰 코히어런스의 타임을 가진 단말들의 수와 결정된 크로스오버 코히어런스 타임보다 작은 코히어런스 타임을 가진 단말들의 수를 카운팅한다.

[0068] 결정된 크로스오버 코히어런스 타임보다 큰 코히어런스의 타임을 가진 단말들의 수가 결정된 크로스오버 코히어런스 타임보다 작은 코히어런스 타임을 가진 단말들의 수보다 클 경우, 제어부(310)는 모든 단말에 레퍼런스 신호를 포함하는 신호를 송신하도록 제어한다.

[0069] 그러나, 결정된 크로스오버 코히어런스 타임보다 큰 코히어런스의 타임을 가진 단말들의 수가 결정된 크로스오버 코히어런스 타임보다 작은 코히어런스 타임을 가진 단말들의 수보다 작을 경우, 제어부(310)는 모든 단말에 레퍼런스 신호가 생략된 신호를 송신하도록 제어한다.

[0070] 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 매시브 MIMO 통신 시스템의 다운링크 신호 송신 방법을 나타낸 순서도이다.

[0071] 도 4를 참조하면, 우선 레퍼런스 신호를 사용하는 경우와 사용하지 않는 경우의 주파수 효율 차이에 대한 함수를 설정한다(단계 400). 일례로, 주파수 효율 차이에 대한 함수는 위 수학식 1과 같이 설정될 수 있다.

[0072] 주파수 효율 차이에 대한 함수가 설정되면, 이에 기초하여 주파수 효율 차이를 최소로 하기 위한 크로스오버 코히어런스 타임을 획득한다(단계 402). 일례로, 코히어런스 타임은 수학식 4를 통해 획득할 수 있다.

[0073] 크로스오버 코히어런스 타임이 획득되면, 크로스오버 코히어런스 타임과 기지국에 의해 서빙되는 단말들의 코히어런스 타임을 비교하여 단말들을 그룹핑한다(단계 404). 앞서 설명한 바와 같이, 크로스오버 코히어러스 타임에 비해 작은 코히어런스 타임을 가진 단말들을 제1 그룹으로 그룹핑하고, 크로스오버 코히어런스 타임에 비해 큰 코히어런스 타임을 가진 단말들을 제2 그룹으로 그룹핑한다.

[0074] 제1 그룹에 대해서는 레퍼런스 신호가 생략된 신호를 송신한다(단계 406). 제1 그룹의 단말들은 레퍼런스 신호를 수신하지 않으므로 미리 획득된 평균 채널 이득을 채널로 추정한다.

[0075] 제2 그룹에 대해서는 레퍼런스 신호가 포함된 신호를 송신한다(단계 408). 제2 그룹의 단말들은 레퍼런스 신호를 수신하므로 레퍼런스 신호를 이용하여 채널을 추정한다.

[0076] 도 5는 본 발명의 제2 실시예에 따른 매시브 MIMO 통신 시스템의 신호 송신 방법을 나타낸 순서도이다.

[0077] 주파수 효율 차이에 대한 함수를 설정하는 단계(500) 및 크로스오버 코히어런스 타임을 획득하는 단계(502)는 도 4와 동일하다.

[0078] 크로스오버 코히어런스 타임이 획득되면, 크로스오버 코히어런스 타임보다 큰 코히어런스의 타임을 가진 단말들의 수와 결정된 크로스오버 코히어런스 타임보다 작은 코히어런스 타임을 가진 단말들의 수를 카운팅한다(단계 504).

[0079] 크로스오버 코히어런스 타임보다 큰 코히어런스 타임을 가진 단말들이 크로스오버 코히어런스 타임보다 작은 코히어런스 타임을 가진 단말들이 많을 경우, 모든 단말들에 대해 레퍼런스 신호를 포함하는 신호를 송신한다(단계 506). 모든 단말들은 수신한 레퍼런스 신호를 이용하여 채널을 추정한다.

[0080] 크로스오버 코히어런스 타임보다 큰 코히어런스 타임을 가진 단말들이 크로스오버 코히어런스 타임보다 작은 코히어런스 타임을 가진 단말들이 작을 경우. 모든 단말에 레퍼런스 신호가 생략된 신호를 송신한다(단계 508). 이 경우, 단말들은 레퍼런스 신호를 수신하지 아니하므로 평균 채널 이득을 채널로 추정하게 된다.

[0081] 이상과 같은 본 발명의 다운링크 신호 송신 방법은 소정 조건 하에서 RS 신호를 생략하기에 높은 주파수 효율을 확보하면서 통신의 신뢰도를 함께 도모할 수 있도록 한다.

[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 이해

할 수 있을 것이다.

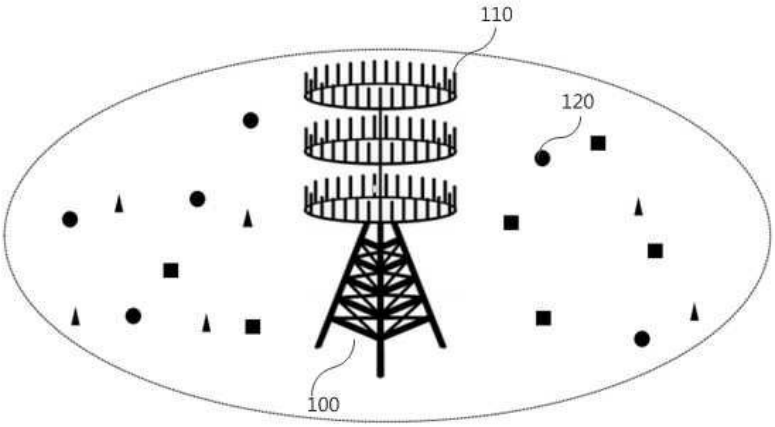
[0083] 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

[0084] 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

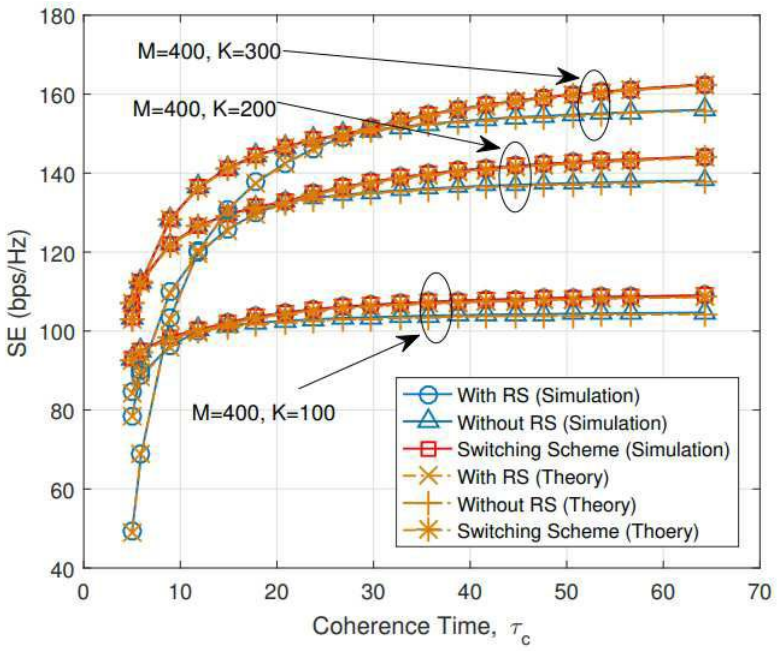
[0085] 본 발명의 범위는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

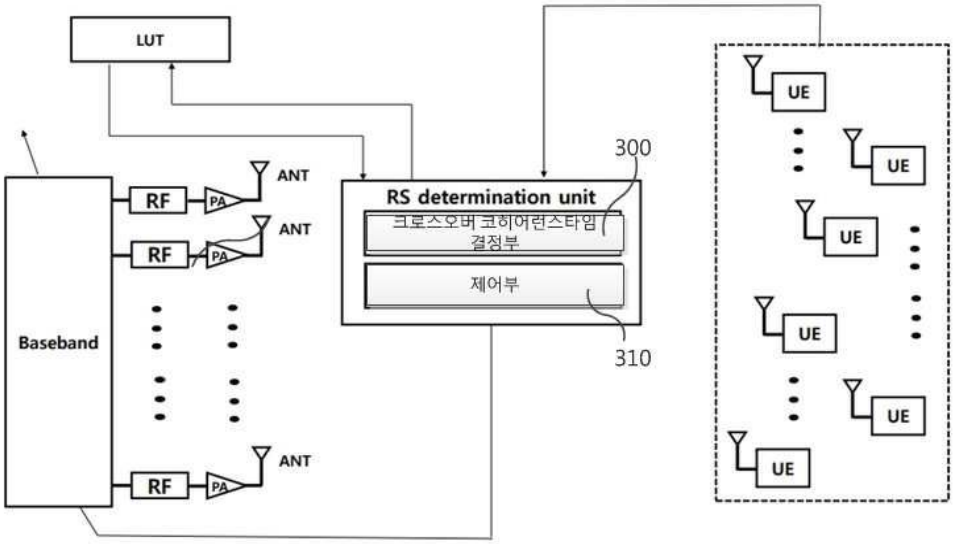
도면1



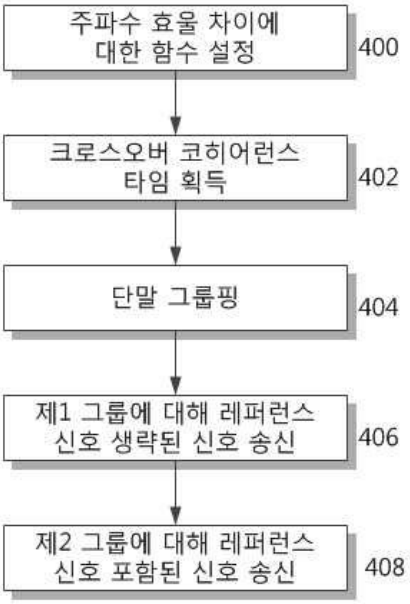
도면2



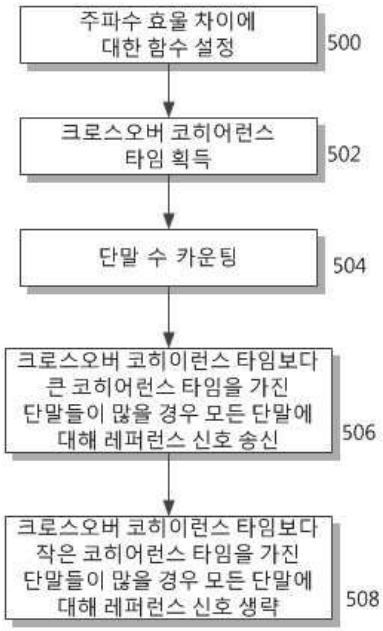
도면3


LUT
ANT
RF
PA
ANT
RF
PA
Baseband
ANT
RF
PA
RS determination unit
크로스오버 코히어런스타임 결정부
제어부
300
310
UE
UE
UE
UE
UE
UE

도면4


주파수 효율 차이에 대한 함수 설정
400
크로스오버 코히어런스 타임 획득
402
단말 그룹핑
404
제1 그룹에 대해 레퍼런스 신호 생략된 신호 송신
406
제2 그룹에 대해 레퍼런스 신호 포함된 신호 송신
408

도면5


주파수 효율 차이에 대한 함수 설정
500
크로스오버 코히어런스 타임 획득
502
단말 수 카운팅
504
크로스오버 코히이런스 타임보다 큰 코히어런스 타임을 가진 단말들이 많을 경우 모든 단말에 대해 레퍼런스 신호 송신
506
크로스오버 코히이런스 타임보다 작은 코히어런스 타임을 가진 단말들이 많을 경우 모든 단말에 대해 레퍼런스 신호 생략
508