



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년11월20일  
(11) 등록번호 10-1790498  
(24) 등록일자 2017년10월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04B 7/0413 (2017.01) H04B 7/024 (2017.01)  
H04B 7/06 (2017.01) H04B 7/08 (2017.01)  
(52) CPC특허분류  
H04B 7/0413 (2013.01)  
H04B 7/024 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2017-0037368  
(22) 출원일자 2017년03월24일  
심사청구일자 2017년03월24일  
(65) 공개번호 10-2017-0113225  
(43) 공개일자 2017년10월12일  
(30) 우선권주장  
1020160036325 2016년03월25일 대한민국(KR)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP5494665 B2\*  
KR1020150062185 A\*  
Sooyoung Hur et al., "Millimeter Wave Beamforming for Wireless Backhaul and Access in Small Cell Networks", IEEE Transactions on Communications(2013.09.16.)\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
한밭대학교 산학협력단  
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)  
(72) 발명자  
이경재  
[Redacted]  
박석환  
[Redacted]  
송창익  
[Redacted]  
(74) 대리인  
특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 8 항

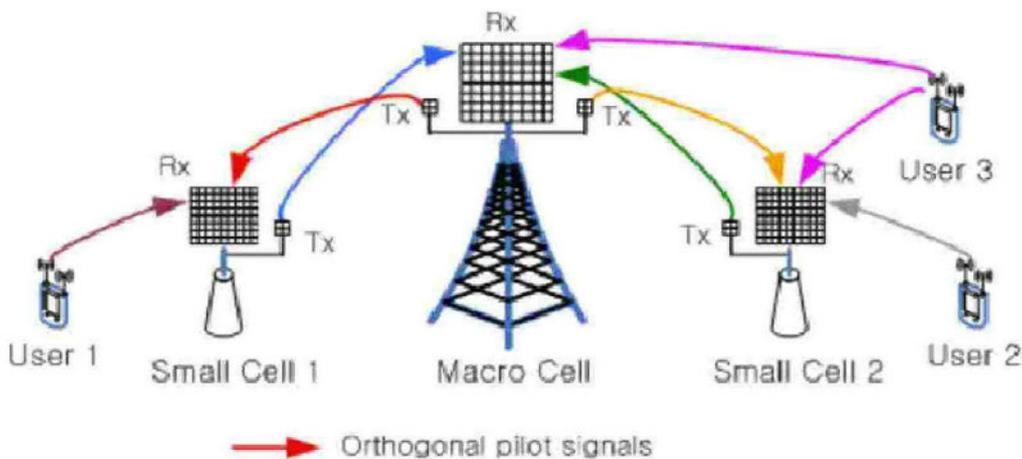
심사관 : 김성태

(54) 발명의 명칭 Massive MIMO를 이용한 전이중 무선 백홀 시스템

(57) 요약

본 발명은 제1 기지국 및 제2 기지국간 백홀링크 신호 전송방법에 있어서, 상기 제1 기지국 및 상기 제2 기지국은 송신 및 수신모드로 사용가능한 복수의 안테나를 포함하는 매시브 MIMO(massive multiple-input and multiple output) 안테나부를 구비하고, 상기 제1 기지국이 상기 제2 기지국과의 통신 상태를 모니터링 하는 모  
(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



니터링 단계 및 상기 모니터링 결과를 고려하여 상기 매시브 MIMO 안테나부 중 송신 모드로 사용되는 안테나 중 일부를 수신 모드로 변환하거나, 상기 매시브 MIMO 안테나부 중 수신 모드로 사용되는 안테나 중 일부를 송신 모드로 변환하는 모드 변환 단계를 포함하여, 상기 제1 기지국 및 상기 제2 기지국간 송수신되는 신호는 무선 전이 중(wireless full-duplex)방식으로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 따르면 백홀과 스몰셀에서 mmWave 대역과 기존 셀룰러 주파수 대역을 동시에 이용하여 전파 자원의 효율적인 이용이 가능하고, 송수신이 동시에 이루어지므로 저지연 통신 시스템 구현이 가능하고, self-interference 및 two-way relay self-interference 제거에 용이하고, 송신안테나와 수신안테나의 비율을 조절함으로써 효율적으로 무선 백홀 시스템을 구축할 수 있다.

(52) CPC특허분류

**H04B 7/0469** (2013.01)

**H04B 7/0686** (2013.01)

**H04B 7/0868** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 B0114-15-0007

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 방송통신산업기술개발사업

연구과제명 (창조씨앗-1단계) 차세대 무선 백홀 시스템을 위한 Massive MIMO 기반 전이중 방식 통신 기술 연구

기여율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2015.11.01 ~ 2016.04.01

명세서

청구범위

청구항 1

제1 기지국 및 제2 기지국간 백홀링크 신호 전송방법에 있어서,  
 상기 제1 기지국 및 상기 제2 기지국은 송신 및 수신 모드로 사용가능한 복수의 안테나를 포함하는 메시브 MIMO(massive multiple-input and multiple output) 안테나부를 구비하고,  
 상기 제1 기지국이 상기 제2 기지국과의 통신 상태를 모니터링 하는 모니터링 단계; 및  
 상기 모니터링 결과를 고려하여 상기 복수의 안테나 중 송신 모드로 사용되는 안테나와 수신 모드로 사용되는 안테나의 개수의 비율을 계산하고, 상기 메시브 MIMO 안테나부 중 송신 모드로 사용되는 안테나 중 일부를 수신 모드로 변환하거나, 상기 메시브 MIMO 안테나부 중 수신 모드로 사용되는 안테나 중 일부를 송신 모드로 변환하는 모드 변환 단계;  
 를 포함하여,  
 상기 제1 기지국 및 상기 제2 기지국간 송수신되는 신호는 무선 전이중(wireless full-duplex)방식으로 이루어지고, 상기 모니터링 단계에서는, 상기 제1 기지국에서 다른 기지국들과 송수신하는 데이터의 시간당 비율(data-rate)의 총합인 총 전송률(sum-rate)을 모니터링 하며, 상기 송신 모드로 사용되는 안테나 및 수신 모드로 사용되는 안테나의 개수의 비율은 하기 수학적 식 1에 의해 산출되는 총 전송률(sum-rate)을 개선하도록 조정되는 것을 특징으로 하는 백홀링크 신호 전송방법.

[수학적 식 1]

$$K \cdot \left(1 - \frac{K}{\tau}\right) \cdot \log_2 \left(1 + \frac{c_{CSI} \cdot M \cdot SNR_{u/d}}{K \cdot SNR_{u/d} + 1}\right) \quad [\text{bit/s/Hz/cell}]$$

(여기서, K는 송신 모드로 사용되는 안테나의 수이고,  $(1 - \frac{K}{\tau})$  는 파일럿(pilot) 신호로 인한 주파수 자원 손실(resource loss)를 나타내며,  $SNR_{u/d}$  는 uplink/downlink시의 SNR(Signal to Noise Ratio)을 의미하고, M 은 해당 Massive MIMO의 총 안테나 개수,  $c_{CSI} = \left(1 + \frac{1}{K \cdot SNR_u}\right)^{-1}$  는 파일럿(pilot) 신호를 통해 추정된 채널 특성 평가치(channel estimation의 quality)를 반영한 변수이다.)

청구항 2

제1항에 있어서,  
 상기 제1 기지국 및 상기 제2 기지국은 송신 또는 수신 모드중 어느 하나로 사용 가능한 비메시브(non-massive) MIMO 안테나부를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 백홀링크 신호 전송방법.

청구항 3

제2항에 있어서,  
 상기 모드 변환 단계에서는,

상기 제1 기지국에 massive MIMO 안테나부와 수신 안테나로 사용되는 non-massive MIMO 안테나부가 설치된 경우, 상기 massive MIMO 안테나 중 일부 안테나를 수신안테나로 전환 할 수 있고, 상기 제1 기지국에 massive MIMO 안테나와 송신 안테나로 사용되는 non-massive MIMO 안테나부가 설치된 경우, 상기 massive MIMO 안테나 중 일부 안테나를 송신안테나로 전환 할 수 있는 것을 특징으로 하는 백홀링크 신호 전송방법.

**청구항 4**

제1항에 있어서,

상기 모니터링 단계에서는,

간섭환경 또는 파일럿(pilot) 신호환경 중 어느 하나를 모니터링 하는 것을 특징으로 하는 백홀링크 신호 전송 방법.

**청구항 5**

삭제

**청구항 6**

삭제

**청구항 7**

삭제

**청구항 8**

제1항에 있어서,

상기 수학식 1을 기지국 간 모든 링크에 계산하여, 총 전송률(sum-rate)을 최적화하는, 송신 모드로 사용되는 안테나 및 수신 모드로 사용되는 안테나 개수의 비율을 계산하는 것을 특징으로 하는 백홀링크 신호 전송방법.

**청구항 9**

제1항에 있어서,

상기 무선 전이중 방식(wireless full-duplex)으로 이루어지는 제1 기지국 및 제2 기지국간 백홀링크의 송수신에서는 밀리미터웨이브(mmWave) 대역과 셀룰러(cellular) 주파수 대역을 동시에 이용하는 것을 특징으로 하는 백홀링크 신호 전송방법.

**청구항 10**

제1항에 있어서,

상기 제1 기지국 및 제2 기지국 간 백홀링크가 양방향 릴레이(two-way relay) 방식으로 동작할 때, 상기 제1 기지국이 이전에 송신한 신호를 별도의 저장 장치에 저장하고, 상기 저장된 신호 정보를 이용하여, 상기 제2 기지국으로부터 증폭 재전송된 자기 간섭(self-interference)을 제거하는 것을 특징으로 하는 백홀링크 신호 전송방법.

**청구항 11**

제1 기지국 및 제2 기지국간 백홀링크 신호 전송 시스템에 있어서,

상기 제1 기지국 및 제2 기지국은 송신 및 수신모드로 사용가능한 복수의 안테나를 포함하는 massive MIMO(multiple-input and multiple output) 안테나부를 구비하고,

상기 제1 기지국이 제2 기지국과의 통신 상태를 모니터링 하는 모니터링부; 및

상기 모니터링 결과를 고려하여 상기 복수의 안테나 중 송신 모드로 사용되는 안테나와 수신 모드로 사용되는 안테나의 개수의 비율을 계산하고, 상기 massive MIMO 안테나부 중 송신 모드로 사용되는 안테나 중 일부를 수신 모드로 변환하거나, 상기 massive MIMO 안테나부 중 수신 모드로 사용되는 안테나 중 일부를 송신 모드로 변환하는 모드 변환부;

를 포함하여, 상기 제1 기지국 및 제2 기지국간 송수신되는 신호는 무선 전이중(wireless full-duplex)방식으로 이루어지고, 상기 모니터링부에서는, 상기 제1 기지국에서 다른 기지국들과 송수신하는 데이터의 시간당 비율(data-rate)의 총합인 총 전송률(sum-rate)을 모니터링 하며, 상기 송신 모드로 사용되는 안테나 및 수신 모드로 사용되는 안테나의 개수의 비율은 하기 수학적 식 1에 의해 산출되는 총 전송률(sum-rate)을 개선하도록 조정되는 것을 특징으로 하는 백홀링크 신호 전송 시스템.

[수학적 식 1]

$$K \cdot \left(1 - \frac{K}{\tau}\right) \cdot \log_2 \left(1 + \frac{c_{\text{CSI}} \cdot M \cdot \text{SNR}_{u/d}}{K \cdot \text{SNR}_{u/d} + 1}\right) \quad [\text{bit/s/Hz/cell}]$$

(여기서, K는 송신 모드로 사용되는 안테나의 수이고,  $\left(1 - \frac{K}{\tau}\right)$  는 파일럿(pilot) 신호로 인한 주파수 자원 손

실(resource loss)를 나타내며,  $\text{SNR}_{u/d}$  는 uplink/downlink시의 SNR(Signal to Noise Ratio)을 의미하고, M

은 해당 Massive MIMO의 총 안테나 개수,  $c_{\text{CSI}} = \left(1 + \frac{1}{K \cdot \text{SNR}_u}\right)^{-1}$  는 파일럿(pilot) 신호를 통해 추정된 채널 특성 평가치(channel estimation의 quality)를 반영한 변수이다.)

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 무선통신에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 Massive MIMO를 이용한 전이중 방식의 무선 백홀 시스템에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0003] 5G 시스템의 요구 조건을 만족시키기 위하여 massive MIMO, HetNet, full duplex 기술이 핵심 요소로 평가받고 있다. 그 중에서도 massive MIMO 기술은 단순히 massive MIMO를 기존의 기지국에 설치함으로써 시스템의 전송량(throughput)을 증가시킬 수 있어 5G 통신의 가장 중요한 기술로 고려되고 있다.

[0004] 상기 MIMO 시스템을 이용하여 데이터를 송수신 할 때 전송 채널의 상태를 송신단과 수신 단에서 알 경우, 목적에 맞는 송수신 필터를 설계하여 성능을 향상할 수 있다. 이 경우에는 모든 통신 노드들이 MIMO 채널에 대한 정보를 알아야 하고, 이를 통해 인접 노드들로부터의 간섭 및 다중 채널에 의한 영향을 없애는 신호처리를 할 수 있다. MIMO 통신 시스템에서 수신단의 채널 인지 여부는 파일럿 신호 등을 통해 쉽게 추정할 수 있지만, 송신단에서의 채널 인지는 채널 정보를 다시 피드백 해야하므로 쉽게 추정이 힘들 뿐 아니라, 신호 교환에 따른 복잡도를 유발할 수 있다.

[0005] 또한, MIMO 시스템에서 빔형성(Beamforming) 기술의 경우는 송신단에서 모든 MIMO 채널정보를 알아야 하기 때문에 신호 교환에 따른 복잡도를 유발한다. 뿐만 아니라 엄청나게 많은 안테나가 존재하는 Massive MIMO 시스템에서 모든 안테나를 사용함으로써 생기는 하드웨어의 복잡도가 증가하는 문제가 발생할 수 있다.

- [0006] 또한, MINO 시스템에서 안테나 선택기술의 경우는 하드웨어 및 신호처리의 복잡도를 줄이기 위해 사용되는 기술 이므로 복잡도를 줄이는 대신 안테나를 모두 사용하여 통신하는 종래의 기술들에 비해 성능이 떨어질 수 있다.
- [0007] 또한, 종래의 MIMO 통신 기술들의 성능(Multiplexing gain, Diversity gain)은 수신 안테나의 개수에 의존적인 방법으로, 송신 안테나의 개수가 수신 안테나 개수보다 많다고 하더라도 한번에 보낼 수 있는 전송 심볼(Symbol)은 수신 안테나의 개수에 한정된다. 그러므로 전송량(Throughput) 관점에서는 수신 안테나 이상의 송신 안테나의 사용은 이득이 없다.
- [0008] 따라서, 안테나 성능저하와 복잡도 증가문제를 동시에 고려할 수 있는 방안이 요구된다.
- [0009] 한편, 전이중(full-duplex) 방식은 기존의 반이중(half-duplex) 방식과 달리 동일 대역에 동일시간 자원에서 송신 신호와 수신신호를 동시에 주고 받는다. 이로 인해 필연적으로 자기 간섭(self-interference)신호가 발생하고 이를 제거하기 위한 자기간섭 제거 기능이 송수신단에 구현되어야 한다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0010] 상기 문제점을 해결하기 위해 본 발명은 매크로셀 기지국 및 스몰셀 기지국에 massive MIMO를 설치하여 무선백홀과 액세스 링크를 전이중 방식으로 동작하게 하여, 간섭 환경 및 필요한 총 전송률(sum-rate) 등에 따라 각 기지국의 송신안테나를 수신안테나로, 또는 수신안테나를 송신안테나로 상호 전환하여 이용할 수 있도록 하여 향상된 효율을 가지는 무선 백홀 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0012] 상기한 과제를 해결하기 위해 본 발명은 제1 기지국 및 제2 기지국간 백홀링크 신호 전송방법에 있어서, 상기 제1 기지국 및 상기 제2 기지국은 송신 및 수신모드로 사용가능한 복수의 안테나를 포함하는 메시브 MIMO(massive multiple-input and multiple output) 안테나부를 구비하고, 상기 제1 기지국이 상기 제2 기지국과의 통신 상태를 모니터링 하는 모니터링 단계 및 상기 모니터링 결과를 고려하여 상기 메시브 MIMO 안테나부 중 송신 모드로 사용되는 안테나 중 일부를 수신 모드로 변환하거나, 상기 메시브 MIMO 안테나부 중 수신 모드로 사용되는 안테나 중 일부를 송신 모드로 변환하는 모드 변환 단계를 포함하여, 상기 제1 기지국 및 상기 제2 기지국간 송수신되는 신호는 무선 전이중(wireless full-duplex)방식으로 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 또한 상기 제1 기지국 및 상기 제2 기지국은 송신 또는 수신모드중 어느 하나로 사용 가능한 비메시브(non-massive) MIMO 안테나부를 추가로 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 또한 상기 모드 변환 단계에서는, 상기 제1 기지국에 massive MIMO 안테나부와 수신 안테나로 사용되는 non-massive MIMO 안테나부가 설치된 경우, 상기 massive MIMO 안테나 중 일부 안테나를 수신안테나로 전환 할 수 있고, 상기 제1 기지국에 massive MIMO 안테나와 송신 안테나로 사용되는 non-massive MIMO 안테나부가 설치된 경우, 상기 massive MIMO 안테나 중 일부 안테나를 송신안테나로 전환 할 수 있는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 또한 상기 모니터링 단계에서는, 간섭환경 또는 파일럿(pilot) 신호환경 중 어느 하나를 모니터링 하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 또한 상기 모니터링 단계에서는, 제1 기지국에서 다른 기지국들과 송수신하는 데이터의 시간당 비율(data-rate)의 총합인 총 전송률(sum-rate)을 모니터링 하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 또한 상기 모드 변환 단계는, 상기 모니터링 결과를 고려하여 상기 복수의 안테나 중 송신 모드로 사용되는 안테나와 수신 모드로 사용되는 안테나의 개수의 비율을 계산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 또한 상기 송신 모드로 사용되는 안테나 및 수신 모드로 사용되는 안테나의 개수의 비율은 하기 수학적 식 1에 의해 산출되는 총 전송률(sum-rate)을 개선하도록 조정되는 것을 특징으로 한다.

[수학적 식 1]

[0020] 
$$K \cdot \left(1 - \frac{K}{\tau}\right) \cdot \log_2 \left(1 + \frac{c_{CSI} \cdot M \cdot SNR_{u/d}}{K \cdot SNR_{u/d} + 1}\right) \quad [\text{bit/s/Hz/cell}]$$

- [0021] 또한 상기 수학식 1을 기지국 간 모든 링크에 계산하여, 총 전송률(sum-rate)를 최적화하는, 송신 모드로 사용되는 안테나 및 수신 모드로 사용되는 안테나 개수의 비율을 계산하는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 또한 상기 무선 전이중 방식(wireless full-duplex)으로 이루어지는 제1 기지국 및 제2 기지국간 백홀링크의 송수신에서는 밀리미터웨이브(mmWave) 대역과 셀룰러(cellular) 주파수 대역을 동시에 이용하는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 또한 상기 제1 기지국 및 제2 기지국 간 백홀링크가 양방향 릴레이(two-way relay) 방식으로 동작할 때, 상기 제1 기지국이 이전에 송신한 신호를 별도의 저장 장치에 저장하고, 상기 저장된 신호 정보를 이용하여, 상기 제2 기지국으로부터 증폭 재전송된 자기 간섭(self-interference)을 제거하는 것을 특징으로 하는 백홀링크 신호 전송방법.
- [0024] 또한 제1 기지국 및 제2 기지국간 백홀링크 신호 전송 시스템에 있어서, 상기 제1 기지국 및 제2 기지국은 송신 및 수신모드로 사용가능한 복수의 안테나를 포함하는 massive MIMO(multiple-input and multiple output) 안테나부를 구비하고, 상기 제1 기지국이 제2 기지국과의 통신 상태를 모니터링 하는 모니터링부 및 상기 모니터링 결과를 고려하여 상기 massive MIMO 안테나부 중 송신 모드로 사용되는 안테나 중 일부를 수신 모드로 변환하거나, 상기 massive MIMO 안테나부 중 수신 모드로 사용되는 안테나 중 일부를 송신 모드로 변환하는 모드 변환부를 포함하여, 상기 제1 기지국 및 제2 기지국간 송수신되는 신호는 무선 전이중(wireless full-duplex)방식으로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

- [0026] 본 발명의 실시예에 따르면, 백홀과 스몰셀에서 mmWave 대역과 기존 셀룰러 주파수 대역을 동시에 이용하여 전파 자원의 효율적인 이용이 가능하고,
- [0027] 송수신이 동시에 이루어지므로 저지연 통신 시스템 구현이 가능하고,
- [0028] self-interference 및 two-way relay self-interference 제거에 용이하고,
- [0029] 송신안테나와 수신안테나의 비율을 조절함으로써 효율적으로 무선 백홀 시스템을 구축할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0031] 본 발명에 관한 이해를 돕기 위해 상세한 설명의 일부로 포함되는, 첨부도면은 본 발명에 대한 실시예를 제공하고, 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 설명한다.
- 도 1의 (a)는 종래 전이중 방식에서의 간섭 환경을 도시한 것이고, (b)는 본 발명에 따른 Massive MIMO 전이중 방식에서의 간섭 환경을 도시한 것이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 자원 블록(Resource Block)의 구조를 도시한 것이다.
- 도 3 및 도 4는 본 발명에 따른 무선 백홀 시스템의 1<sup>st</sup> phase를 도시한 것이다.
- 도 5는 본 발명에 따른 서클레이터의 구조를 도시한 것이다.
- 도 6은 본 발명에 따른 무선 백홀 시스템의 2<sup>nd</sup> phase를 도시한 것이다.
- 도 7은 본 발명에 따른 무선 백홀 시스템에서 송신안테나와 수신안테나 비율을 적응적으로 제어하는 방법을 개략적으로 나타낸 순서도를 도시한 것이다.
- 도 8은 본 발명에 따른 무선 백홀 시스템에서 송신안테나와 수신안테나 비율을 적응적으로 판단하고 변환하는 방법의 순서를 도시한 것이다.
- 도 9는 본 발명에 따른 전이중 무선 백홀 시스템에서 self-interference 및 양방향 릴레이(two-way relay) self-interference가 제거되는 원리를 설명하기 위해 도시한 것이다.
- 도 10은 mmWave 대역과 셀룰러 주파수 대역을 동시에 이용하는 본 발명에 따른 무선 백홀 시스템을 도시한 것이다.
- 도 11의 (a)는 기존의 반이중 유선 백홀 기반의 이기종 네트워크(HetNet) 환경을 도시한 것이고, (b)는 본 발명

에 따른 Massive MIMO 전이중 무선 백홀 기반의 이기종 네트워크 환경을 도시한 것이다.

도 12는 massive MIMO를 적용한 백홀 시스템에서 self-interference 및 co-channel self-interference 제거 효과에 대한 그래프를 도시한 것이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0032] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 이하에서는 특정 실시예들을 첨부된 도면을 기초로 상세히 설명하고자 한다.
- [0033] 이하의 실시예는 본 명세서에서 기술된 방법, 장치 및/또는 시스템에 대한 포괄적인 이해를 돕기 위해 제공된다. 그러나 이는 예시에 불과하며 본 발명은 이에 제한되지 않는다.
- [0034] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 본 발명의 실시 예들을 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적이어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하도록 해석되어서는 안 된다.
- [0035] 또한, 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되는 것은 아니며, 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 이하에서는, 본 발명에 따른 massive MIMO를 이용한 전이중 무선 백홀 시스템을 예시적인 실시 형태들을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0037] 도 1의 (a)는 종래 전이중 방식에서의 간섭 환경을 도시한 것이고, (b)는 본 발명에 따른 Massive MIMO 전이중 방식에서의 간섭 환경을 도시한 것이다.
- [0038] 매크로 셀 기지국에서의 Self-interference 뿐만 아니라 스몰 셀 기지국들 간에도 Co-channel interference가 발생하고, 도 1(a)의 종래 백홀 시스템에서는 그러한 간섭을 제거하는 것이 불가능하였다.
- [0039] 그러나, 도 1(b)와 같이 백홀 시스템의 각 기지국에 massive MIMO 안테나를 적용함으로써 interference를 제거할 수 있다.
- [0041] 도 2는 본 발명에 따른 자원 블록(Resource Block)의 구조를 도시한 것이다.
- [0042] 이하, 설명의 편의를 위해 백홀 시스템에는 하나의 매크로 셀(MC: Macro Cell) 기지국, 두 개의 스몰 셀(SC: Small Cell) 기지국, 세 개의 사용자 단말(UE: User Equipment)이 존재하는 것으로 가정한다.
- [0043] 도 2에서 볼 수 있는 바와 같이, 본 발명에 따른 자원 블록은 1<sup>st</sup> phase와 2<sup>nd</sup> phase로 구분될 수 있으며, x축은 time domain, y축은 frequency domain이다.
- [0044] 상기 1<sup>st</sup> phase에서는 채널 추정을 위한 pilot 신호와 data 신호를 송신하는 자원 블록으로 구분될 수 있고, 상기 2<sup>nd</sup> phase에서는 상기 1<sup>st</sup> phase에서 기 추정된 채널 정보를 바탕으로 data 신호를 송신할 수 있다.
- [0045] 또한, 1<sup>st</sup> phase의 data 영역과 2<sup>nd</sup> phase의 data 영역에 설정된 백홀 링크 및 액세스 링크의 downlink 및 uplink 설정은 본 발명에 따른 full duplex 방식 설정의 일례일 뿐이고, 사용자 스케줄링을 수행할 때 채널 상황과 사용자의 up-down data 양을 고려하여 uplink/downlink의 선택을 적응적으로 설정될 수 있다.
- [0046] 또한, 1<sup>st</sup> phase와 2<sup>nd</sup> phase 각각에서 할당되는 time domain 범위는 필요에 따라 유동적으로 설정될 수 있다.
- [0047] 도 3 및 도 4는 본 발명에 따른 무선 백홀 시스템의 1<sup>st</sup> phase를 도시한 것이다.
- [0048] 도 3 및 도 4에서 볼 수 있는 바와 같이, 본 발명에 따른 무선 백홀 시스템을 구성하는 매크로 셀 기지국 및 스몰 셀 기지국은 송신 역할을 하는 non-massive MIMO 안테나 포트와, 송신 또는 수신 역할을 동시에 수행하는

massive MIMO 안테나를 가지는 포트 구성될 수 있다.

- [0049] 본 발명에 따른 무선 백홀 시스템에서는 매크로 셀 기지국 및 스몰 셀 기지국 모두에서 massive MIMO를 이용하여 matched filter 또는 zero forcing filter 등을 적용하여 다수의 데이터 스트림을 간섭없이 동시에 수신할 수 있다. 이는 궁극적으로 uplink와 downlink가 동시에 이루어지는 full duplex 방식을 적용하더라도 간섭의 제약을 최소화할 수 있음을 의미한다.
- [0050] 여기서, 매크로 셀 기지국 및 스몰 셀 기지국은 동시에 사용자 단말로 신호를 송신할 수 있다.
- [0051] 도 4에서, 스몰 셀 1은 매크로 셀의 downlink 신호를 massive MIMO 안테나 포트 수신하면서 동시에 동일한 massive MIMO 안테나 포트를 이용해 User 1에 신호를 간섭없이 송신할 수 있다. 이렇게 하나의 안테나로 데이터 송수신을 동시에 수행하기 위해서는 서큘레이터(circulator)가 요구된다.
- [0053] 도 5는 본 발명에 따른 서큘레이터의 구조를 도시한 것이다.
- [0054] 도 5를 참조하여 본 발명에 이용될 수 있는 서큘레이터 구조를 설명한다. 서큘레이터란 일반적으로 원형 구조의 수동 비가역 장치이고, 양방향 통신시스템에서는 송신 신호와 수신 신호를 분리하기 위해 이용되는 장치이다. 안테나 측에서 수신된 신호는 Rx단으로만 일방적으로 전송되고, Tx단에서 전송한 신호는 안테나 측으로만 일방적으로 전송될 수 있다. 즉, 백홀 링크를 통해 수신된 신호는 서큘레이터의 Rx단으로만 전송되고, Tx단은 상기 수신된 신호를 다시 액세스 링크를 통해 사용자 단말로 전송할 수 있다.
- [0056] 도 6은 본 발명에 따른 무선 백홀 시스템의 2<sup>nd</sup> phase를 도시한 것이다.
- [0057] 상기 도 3 및 도 4(1<sup>st</sup> phase)에서 살펴본 것과 동일한 무선 백홀 시스템의 구성이며, 상기 도 2에서 볼 수 있는 바와 같이, 2<sup>nd</sup> phase에서는 1<sup>st</sup> phase에서 pilot 추정을 통해 획득한 채널 정보를 기반으로 통신을 수행할 수 있으므로 추가적인 pilot 할당이 필요없다.
- [0058] 여기서, 매크로 셀 기지국 및 스몰 셀 기지국은 사용자 단말로 동시에 신호를 송신할 수 있다.
- [0060] 도 7은 본 발명에 따른 무선 백홀 시스템에서 송신안테나와 수신안테나 비율을 적응적으로 제어하는 방법을 개략적으로 나타낸 순서도를 도시한 것이다.
- [0061] 도 7에서 볼 수 있는 바와 같이, 본 발명에 따른 전이중 무선 백홀 시스템에서 기지국은 MIMO(multiple-input and multiple-output) 안테나 시스템을 구비하는 제1 기지국과 제2 기지국과의 통신 상태를 모니터링하는 모니터링 단계(S700) 및 상기 모니터링 결과를 고려하여 상기 복수의 안테나 중 송신 모드로 사용되는 안테나 중 일부를 수신 모드로 변환하거나, 상기 복수의 안테나 중 수신 모드로 사용되는 안테나 중 일부를 송신 모드로 변환하는 모드 변환 단계(S710)를 포함할 수 있다. 제1 기지국 및 제2 기지국은 매크로 셀 기지국 또는 스몰 셀 기지국을 나타내는 기지국을 임의적으로 표현한 것이다. 도 8을 통하여 자세하게 설명한다.
- [0063] 도 8은 본 발명에 따른 무선 백홀 시스템에서 송신안테나와 수신안테나 비율을 적응적으로 판단하고 변환하는 방법의 순서를 도시한 것이다.
- [0064] 도 8에서 볼 수 있는 바와 같이, 본 발명에 따른 전이중 무선 백홀 시스템에서 기지국은 통신 상태를 모니터링하는 단계(S810), 최적 송신안테나와 수신안테나의 비율을 판단하는 단계(S820) 및 일부 안테나의 기능을 전환하는 단계(S830)를 포함할 수 있다.
- [0065] 먼저, S810 단계에서 기지국은 다른 기지국과의 통신 상태를 지속적으로 및/또는 주기적으로 모니터링할 수 있다. 상기 모니터링 대상은 채널과 간섭 환경, 상기 제1 기지국에서 다른 기지국들과 송수신하는 데이터의 시간당 비율(data-rate)의 총합인 총 전송률(sum-rate), 파일럿 리소스(pilot resource)등을 포함할 수 있다.
- [0066] S820 단계에서, 전 단계(S810)에서 모니터링한 통신 상태에 기초하여 최적의 송신안테나와 수신안테나의 비율을 판단한다.
- [0067] 상기 송신 모드로 사용되는 안테나 및 수신 모드로 사용되는 안테나의 개수의 비율은 하기 수학적 식 1에 의해 산출되는 총 전송률(sum-rate)를 개선하도록 조정될 수 있다.

[0068] [수학식 1]

$$K \cdot \left(1 - \frac{K}{\tau}\right) \cdot \log_2 \left(1 + \frac{c_{\text{CSI}} \cdot M \cdot \text{SNR}_{u/d}}{K \cdot \text{SNR}_{u/d} + 1}\right) \quad [\text{bit/s/Hz/cell}]$$

[0069]

[0070] 여기서,  $K$ 는 전체 송신안테나의 수이고,  $\left(1 - \frac{K}{\tau}\right)$ 는 pilot 신호로 인한 주파수 자원 손실(resource loss)을 나타내며,

$\text{SNR}_{u/d}$ 는 uplink/downlink시의 SNR(Signal to Noise Ratio)을 의미하고,  $M$ 은 해당

Massive MIMO의 총 안테나 개수,  $c_{\text{CSI}} = \left(1 + \frac{1}{K \cdot \text{SNR}_u}\right)^{-1}$ 는 pilot 신호를 통해 추정된 채널 특성 평가치(channel estimation의 quality)를 반영한 변수이다.

[0071] 상기 수학식 1을 모든 링크에 대하여 계산하고, 이 때  $K$ 와  $M$ 의 수를 적응적으로 조정함으로써 전체 총 전송률(sum-rate)을 최적화하는 송신안테나와 수신안테나 비율을 판단할 수 있다.

[0072] S830 단계에서, 전 단계(S820)에서 판단된 결과에 기초하여 송신안테나와 수신안테나의 비율을 조정한다. 즉, 기지국에 massive MIMO 안테나와 소수의 수신안테나가 설치되어 있는 경우, 상기 massive MIMO 안테나 중 일부 안테나를 수신안테나로 전환할 수 있다. 마찬가지로 기지국에 massive MIMO 안테나와 소수의 송신안테나가 설치되어 있는 경우, 상기 massive MIMO 안테나 중 일부 안테나를 송신안테나로 전환하는 방법으로 효율적인 시스템 운용이 가능해진다.

[0074] 도 9는 본 발명에 따른 무선 백홀 시스템에서 self-interference 및 양방향 릴레이(two-way relay) self-interference가 제거되는 원리를 설명하기 위해 도시한 것이다.

[0075] 각 기지국에 massive MIMO를 적용함으로써, 각 기지국에서 발생하는 간섭을 일부 제거할 수는 있으나, massive MIMO의 사이즈를 무한정 키울 수는 없으므로 그 한계가 존재한다.

[0076] 스몰 셀 1과 스몰 셀 2가 서로 정보를 주고 받을 때 매크로 셀 기지국이 relay 역할을 할 수 있으며, 이 때 full duplex two-way 방식으로 작동할 수 있고, 이 때 small cell 기지국들은 현재 phase에서 보낸 자기 신호 뿐만 아니라, 이전 phase에서 보낸 자기 신호가 매크로 셀에서 증폭되어 전달됨으로 self-interference를 다시 받을 수 있다. 이 때, 자기 신호를 별도의 저장 장치에 저장하고, 그 정보를 이용하여 다음 phase에서 self-interference를 제거할 수 있다.

[0078] 도 10은 mmWave 대역과 셀룰러 주파수 대역을 동시에 이용하는 본 발명에 따른 무선 백홀 시스템을 도시한 것이다.

[0079] 종래에는 간섭 회피를 위해 백홀 링크에서는 멀티미터웨이브(mmWave) 대역을 사용하고, 액세스 링크에서는 기존 셀룰러 주파수 대역을 사용하였다. 그러나, 두 주파수 대역을 각각을 별개의 링크에서만 사용하게 되므로 필연적으로 주파수 효율이 떨어지는 문제점이 있었다.

[0080] 본 발명에서는 전이중 방식으로 백홀 링크와 액세스 링크 모두에서 mmWave 대역과 기존 셀룰러 주파수를 동시에 이용함으로써 송수신이 동시에 이루어지므로 저지연 통신 시스템을 구현할 수 있다. 또한, 이론상 주파수 효율이 백홀 링크의 경우 4배, 액세스 링크의 경우 2배까지 증가될 수 있다.

[0082] 도 11의 (a)는 기존의 반이중 유선 백홀 기반의 이기종 네트워크(HetNet) 환경을 도시한 것이고, (b)는 본 발명에 따른 Massive MIMO 전이중 무선 백홀 기반의 이기종 네트워크 환경을 도시한 것이다.

[0084] 도 12는 massive MIMO를 적용한 백홀 시스템에서 self-interference 및 co-channel self-interference 제거 효과에 대한 그래프를 도시한 것이다.

[0085] BER은 비트 오류 비율(Bit Error Rate)을 의미하고, SNR는 신호대잡음비(Signal to Noise Ratio)를 의미한다. 도 11의 그래프를 통해 전이중(full duplex) 방식에서 발생하는 간섭을 추가적인 자기간섭제거 기술을 적용하지 않고도 massive MIMO 안테나를 이용함으로써 제거할 수 있음을 확인할 수 있다.

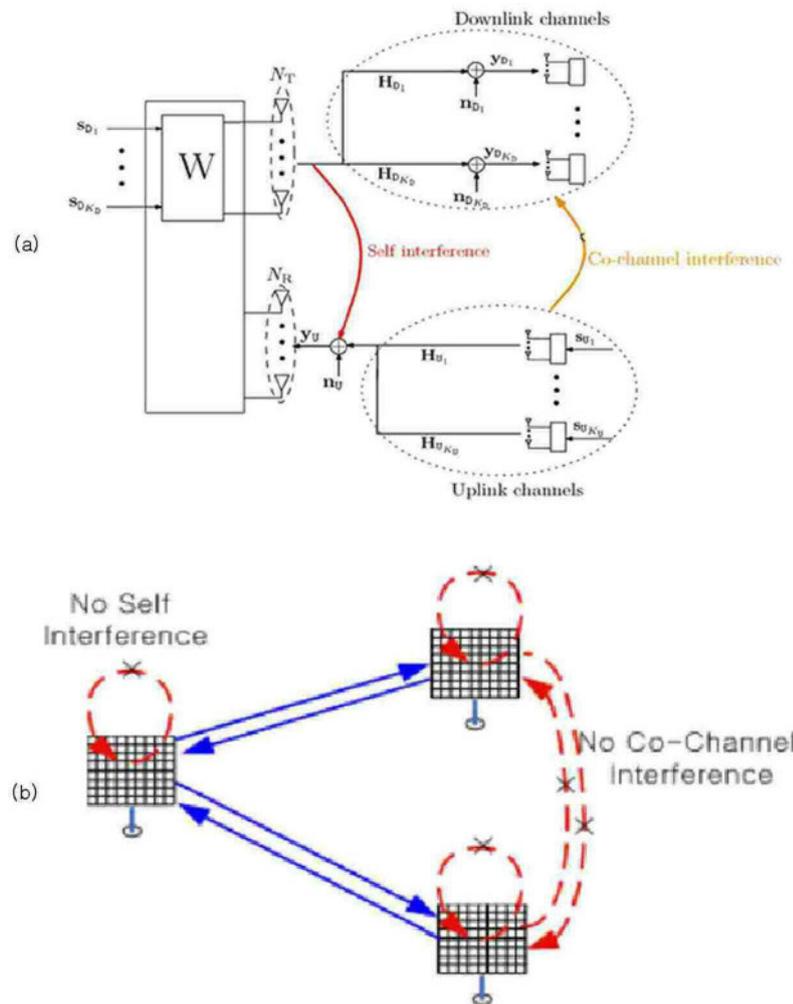
[0087]

이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서 본 발명에 기재된 실시예는 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의해서 해석되어야 하며, 그와 균등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

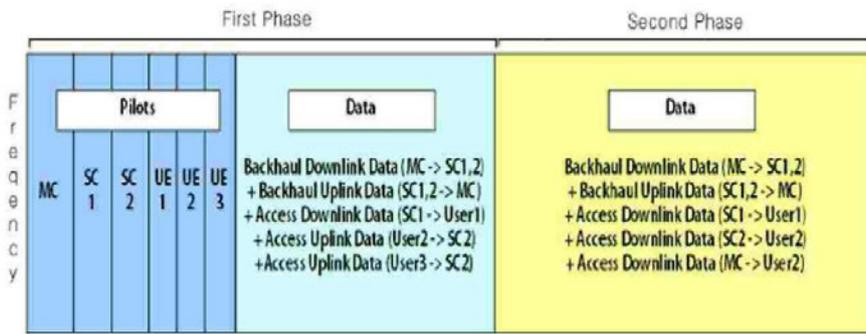
부호의 설명

도면

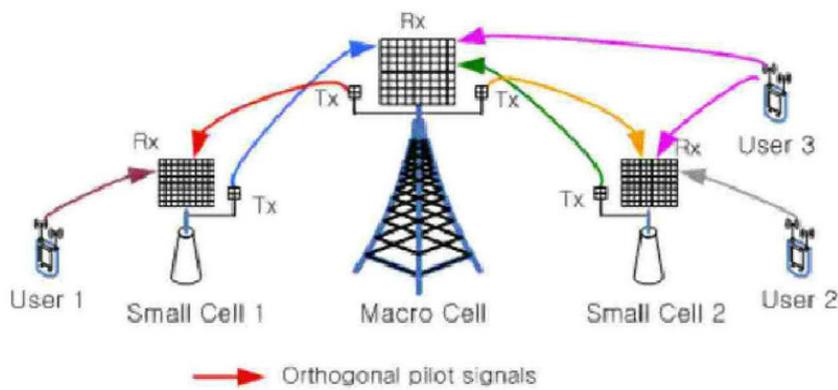
도면1



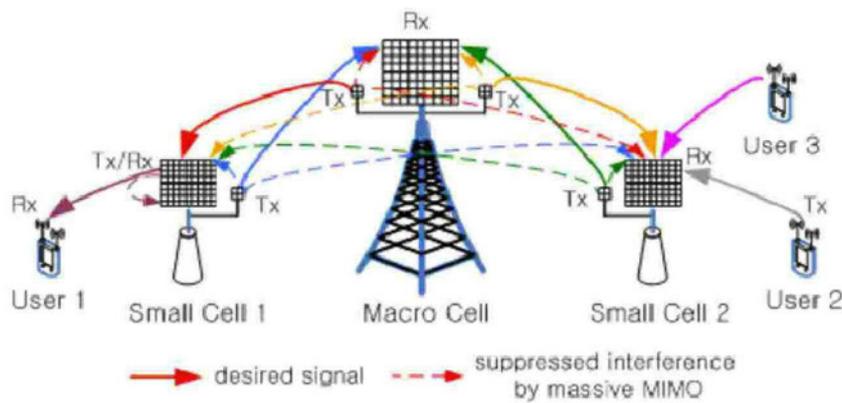
도면2



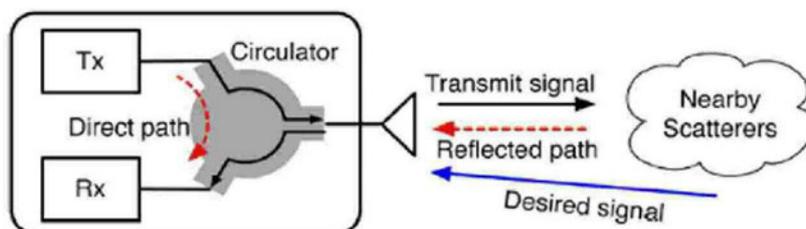
도면3



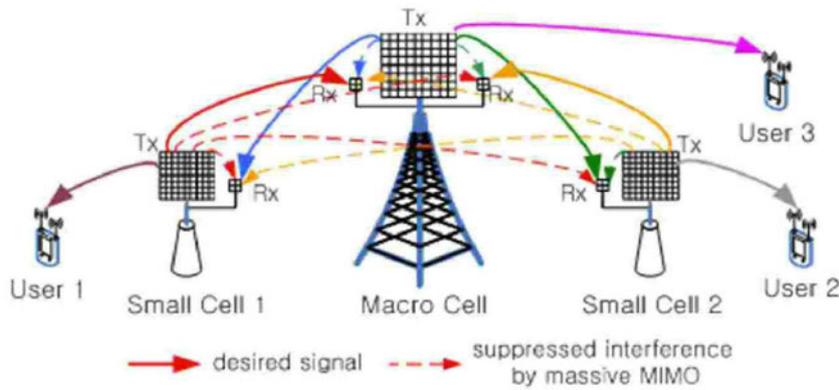
도면4



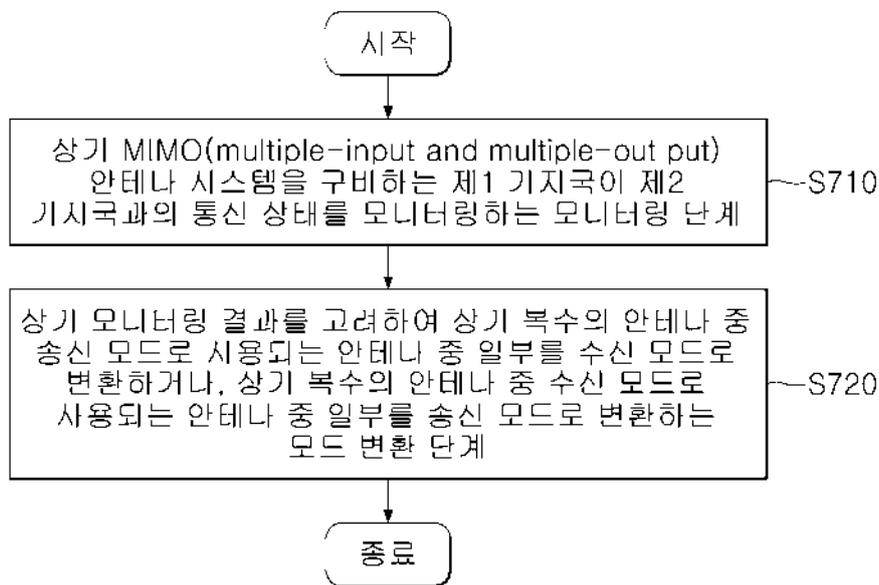
도면5



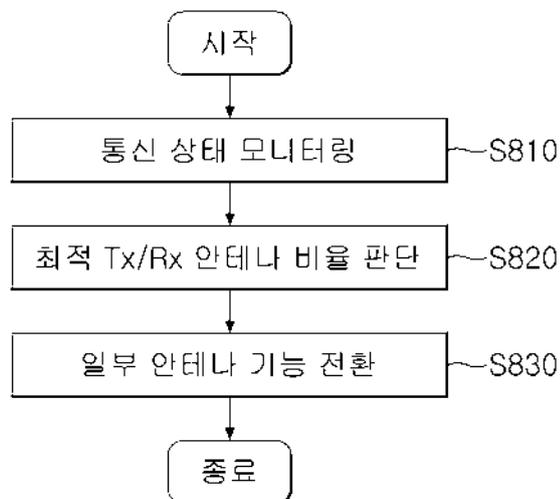
도면6



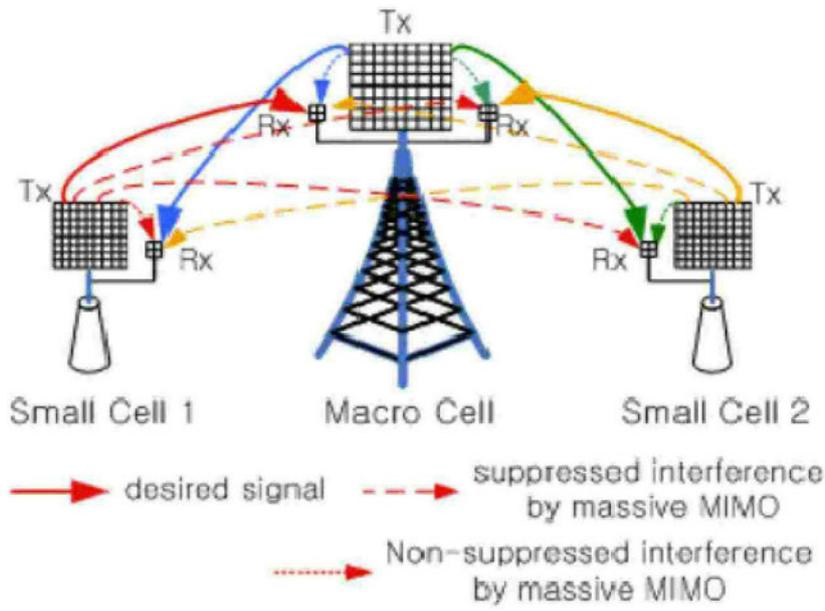
도면7



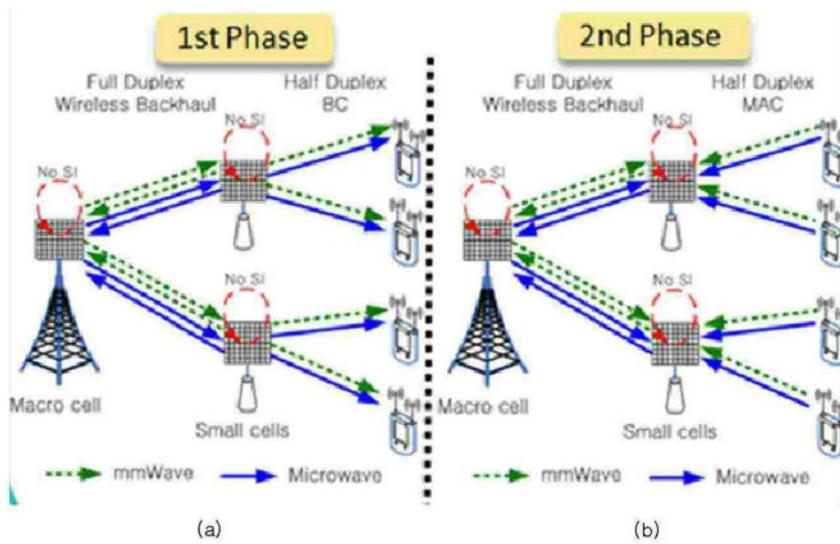
도면8



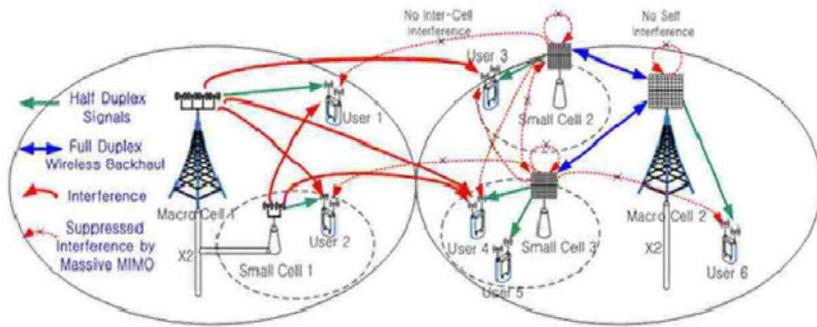
도면9



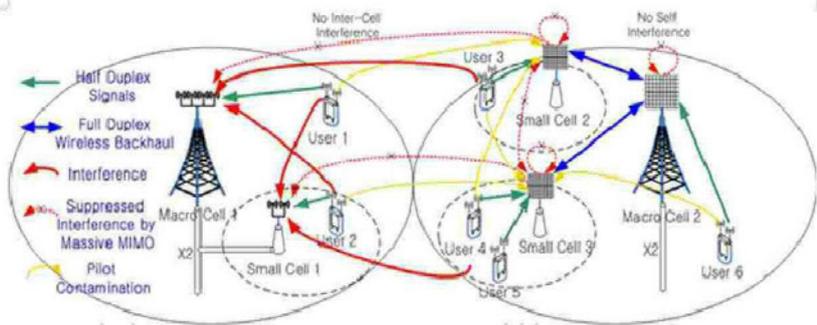
도면10



도면11

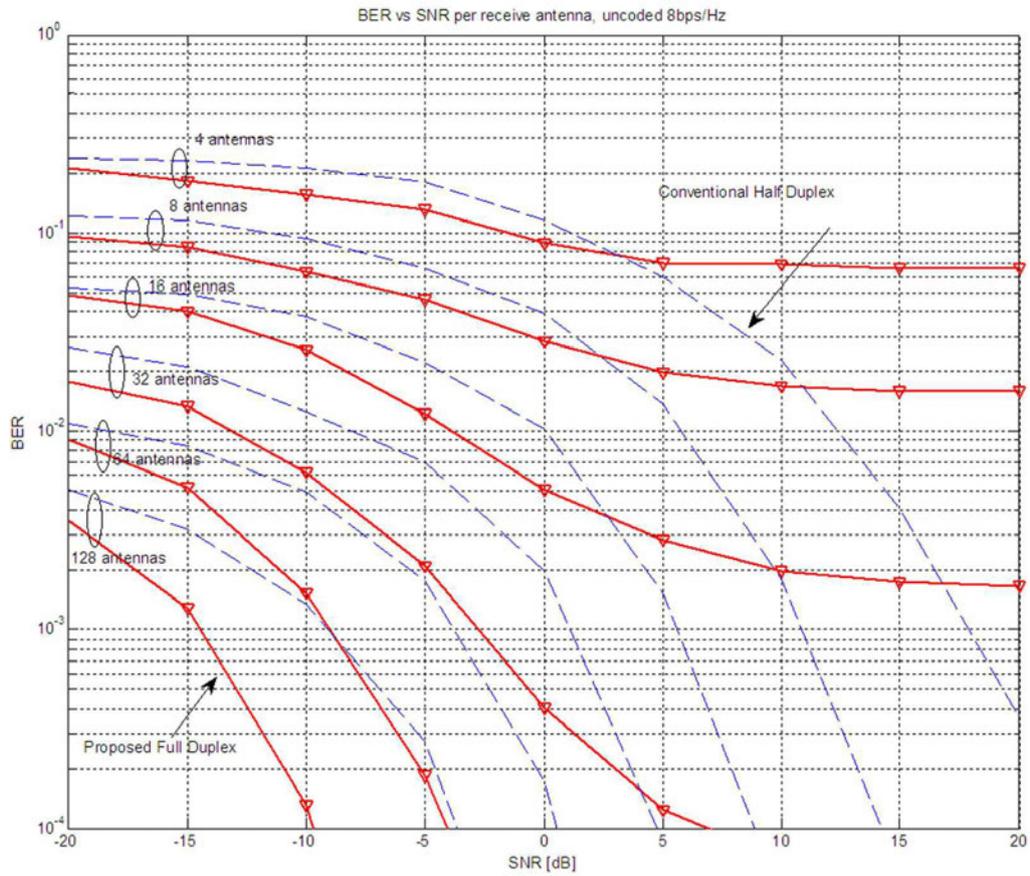


(a)



(b)

도면12



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 11항

【변경전】

상기 모니터링 단계에서는

【변경후】

상기 모니터링부에서는