(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0056339
(43) 공개일자 2009년06월03일

(51) Int. Cl.
H04B 7/26 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0123446
(22) 출원일자 2007년11월30일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 매탄동 416
서강대학교산학협력단
서울 마포구 신수동 1-1 서강대학교
(72) 발명자
황성택
경기도 평택시 독곡동 대림아파트 102동 303호
성원진
서울특별시 서초구 잠원동 60-7 녹원한신아파트 101동 505호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이건주

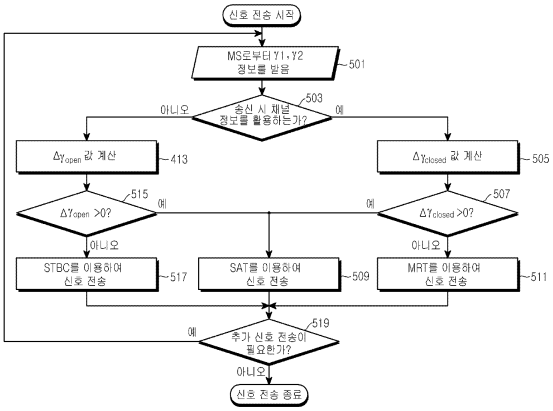
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 분산 안테나 시스템에서 선택적 신호 처리 장치 및 방법

(57) 요 약

분산 안테나(Distributed Antenna) 시스템에서 선택적 신호 처리 방법에 있어서, 궤환 채널을 통해 채널 상태 정보 값을 보고 받고, 채널 상태 정보 값을 이용하여 신호 결합 전송이 필요한지의 유무를 확인하는 과정과, 전송 용량의 이득에 따라 신호 결합 전송이 필요한 경우 둘 이상의 송신 안테나를 통하여 협조적으로 데이터 신호를 이동 단말로 전송하고, 신호 결합 전송이 필요하지 않은 경우 해당 송신 안테나를 이용하여 데이터 신호를 이동 단말로 단일 전송하는 과정과, 신호 결합 전송이 필요한 경우에 전송된 신호와, 신호 결합 전송이 필요하지 않은 경우에 전송된 신호 이외에 추가적으로 전송이 필요한 경우 일련의 과정을 반복하여 추가적으로 신호를 전송하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도



(72) 발명자

최진우

서울특별시 서초구 반포4동 서래아파트 4동 604호

박종현

서울특별시 서초구 서초동 1629-9

송의석

서울특별시 마포구 상수동 98-8 302호

특허청구의 범위

청구항 1

분산 안테나(Distributed Antenna) 시스템에서 선택적 신호 처리 방법에 있어서,

궤환 채널을 통해 채널 상태 정보 값을 보고 받고, 상기 채널 상태 정보 값을 이용하여 신호 결합 전송이 필요한지의 유무를 확인하는 과정과,

전송 용량의 이득에 따라 상기 신호 결합 전송이 필요한 경우 둘 이상의 송신 안테나를 통하여 협조적으로 데이터 신호를 이동 단말로 전송하고, 상기 신호 결합 전송이 필요하지 않은 경우 해당 송신 안테나를 이용하여 데이터 신호를 이동 단말로 단일 전송하는 과정과,

상기 신호 결합 전송이 필요한 경우에 전송된 신호와, 상기 신호 결합 전송이 필요하지 않은 경우에 전송된 신호 이외에 추가적으로 전송이 필요한 경우 상기 일련의 과정을 반복하여 추가적으로 신호를 전송하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

기지국(BS)에서 이동 단말(MS)의 채널 정보를 이용하여 에르고딕 용량(Ergodic Capacity)을 구하고, 전송 용량의 이득을 판단하여 전송 모드를 선택하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서, 상기 전송 용량의 이득을 판단하여 전송 모드를 선택하는 것은

상기 기지국에 신호 전송 시 채널 정보의 활용 여부에 따라 개 루프(Open Loop) 방식과 폐 루프(Closed Loop) 방식을 협조적으로 전송에 활용하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 방법.

청구항 4

제 3항에 있어서, 상기 개 루프 방식과 폐 루프 방식은

상기 기지국의 수신 전력을 이용하여 $\Delta\eta_{open}$ 와, $\Delta\eta_{closed}$ 를 구하고, 상기 $\Delta\eta_{open}$와 $\Delta\eta_{closed}$를 이용하여 전송 모드를 전환하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서, 상기 $\Delta\eta_{open}$ 와 $\Delta\eta_{closed}$ 는

상기 $\Delta\eta_{open}$ 가 0보다 클 경우 단일 정보 전송 방식을 이용하여 신호를 전송하고, 상기 $\Delta\eta_{open}$가 0보다 작을 경우 시공간 블록 코딩 방식을 이용한 협조적 신호 전송 방식을 이용하여 신호를 전송하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 방법.

청구항 6

제 4항에 있어서, 상기 $\Delta\eta_{closed}$ 는

상기 $\Delta\eta_{closed}$ 가 0보다 클 경우 단일 정보 전송 방식을 이용하여 신호를 전송하고, 상기 $\Delta\eta_{closed}$가 0보다 작을 경우 최대 비 전송 방식을 이용한 협조적 신호 전송 방식을 이용하여 신호를 전송하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 방법.

청구항 7

제 4항에 있어서, 상기 $\Delta\eta_{open}$ 와 $\Delta\eta_{closed}$ 는

하기의 수학식을 이용하여 그 값을 구하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 방법.

수학식 24

$$\Delta\eta_{open} = \mathrm{E}[\eta_{SAT}] - \mathrm{E}[\eta_{STBC}] = \frac{-\sigma_m^2\Phi(\sigma_m^2) + (2\sigma_m^2 - \sigma_n^2)\Phi(\sigma_n^2)}{2(\sigma_m^2 - \sigma_n^2)\ln 2}$$

$$\Delta\eta_{closed} = \mathrm{E}[\eta_{SAT}] - \mathrm{E}[\eta_{MRT}] = \frac{\sigma_m^2(-2\Phi(\sigma_m^2) + \Phi(2\sigma_m^2) + 2\Phi(\sigma_n^2)) - \sigma_n^2\Phi(2\sigma_m^2)}{2(\sigma_m^2 - \sigma_n^2)\ln 2}$$

상기 수학식 24에서 $\Delta\eta_{open}$ 는 단일 전송 방식(Single Antenna Transmission)의 평균 전송 용량에서 시공간 블록 코딩(Space-Time Block Coding) 방식의 평균 전송 용량을 뺀 값이고, $\Delta\eta_{closed}$는 단일 전송 방식의 평균 전송 용량에서 최대 비 전송(Maximum Ratio Transmission) 방식의 평균 전송 용량을 뺀 값이다.

청구항 8

제 1항에 있어서,

기지국에서 이동 단말의 채널 정보를 이용하여 순간 전송 용량을 구하고, 전송 용량의 이득을 판단하여 전송 모드를 선택하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 방법.

청구항 9

제 8항에 있어서, 상기 전송 용량의 이득을 판단하여 전송 모드를 선택하는 것은

상기 기지국에 신호 전송 시 채널 정보의 활용 여부에 따라 개 루프 방식과 폐 루프 방식을 협조적으로 전송에 활용하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 방법.

청구항 10

제 9항에 있어서, 상기 개 루프 방식과 폐 루프 방식은

상기 기지국의 수신 신호 대 간섭과 잡음 비(Signal to Interference plus Noise Ratio)를 이용하여 $\Delta\gamma_{open}$와, $\Delta\gamma_{closed}$ 를 구하고, 상기 $\Delta\gamma_{open}$ 와 $\Delta\gamma_{closed}$ 를 이용하여 전송 모드를 전환하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 방법.

청구항 11

제 10항에 있어서, 상기 $\Delta\gamma_{open}$ 는

상기 $\Delta\gamma_{open}$ 가 0보다 클 경우 단일 정보 전송 방식을 이용하여 신호를 전송하고, 상기 $\Delta\gamma_{open}$가 0보다 작을 경우 시공간 블록 코딩 방식을 이용한 협조적 신호 전송 방식을 이용하여 신호를 전송하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 방법.

청구항 12

제 10항에 있어서, 상기 $\Delta\gamma_{closed}$ 는

상기 $\Delta\gamma_{closed}$ 가 0보다 클 경우 단일 정보 전송 방식을 이용하여 신호를 전송하고, 상기 $\Delta\gamma_{closed}$가 0보다 작을 경우 최대 비 전송 방식을 이용한 협조적 신호 전송 방식을 이용하여 신호를 전송하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 방법.

청구항 13

제 10항에 있어서, 상기 $\Delta\gamma_{open}$ 와 $\Delta\gamma_{closed}$ 는

하기의 수학식을 이용하여 그 값을 구하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 방법.

수학식 25

$$\Delta\gamma_{open} = \gamma_{SAT} - \gamma_{STBC} = \gamma_m^2 + 2\gamma_m - \frac{\gamma_m + \gamma_n + 2\gamma_m\gamma_n}{1-\gamma_m\gamma_n}$$

$$\Delta\gamma_{closed} = \gamma_{SAT} - \gamma_{MRT} = \gamma_m^2 + 2\gamma_m - 2\frac{\gamma_m + \gamma_n + 2\gamma_m\gamma_n}{1-\gamma_m\gamma_n}$$

상기 수학식 25에서 $\Delta\gamma_{open}$는 단일 전송 방식의 평균 전송 용량에서 시공간 블록 코딩 방식의 평균 전송 용량을 뺀 값이고, $\Delta\gamma_{closed}$는 단일 전송 방식의 평균 전송 용량에서 최대 비 전송 방식의 평균 전송 용량을 뺀 값이다.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 기지국(Base Station : BS)과 유선 또는 전용 회선으로 연결되어 있는 다수의 분산 안테나(Remote Antenna : RA)를 활용한 분산 안테나 시스템(Distributed Antenna System : DAS)에 관한 것으로, 특히 하향 링크 전송 시 용량 증대를 위해 이동 단일 RA로부터 단말(Mobile Station : MS)에 신호 전송을 수행하는 방식과 다수의 RA로부터 협조적 신호 전송을 수행하는 방식 간 모드 전환 조건을 수행하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 정보 산업의 발달에 따라 다양한 종류의 대용량 데이터를 고속으로 전송할 수 있는 기술이 요구되고 있고, 이를 위해 기존의 셀 내에 다수의 분산 안테나를 두어 음영지역의 해소 및 커버리지 확장을 위한 다중 홉(Multi Hop) 방식이 연구되고 있다.

<3> 이러한 다중 홉 방식은 BS와 RA 사이를 무선으로 연결하는 방식과 유선으로 연결하는 방식이 사용되고 있는데, 무선 RA를 활용하는 다중 홉 시스템의 경우, BS와 무선 자원을 부분적으로 공유하는 다수 개의 무선 RA를 사용함으로써, BS만 존재하는 기존의 셀룰러 시스템보다 축소된 전송 영역으로 인해 송신 전력을 감소시키는 효과를 얻을 수 있다. 또한 RA와 MS 간의 전송 거리 단축을 통해 경로 손실을 감소시켜 데이터의 고속 전송이 가능하게 함으로써, 셀룰러 시스템의 전송 용량을 증가시킬 수 있다. 하지만 단일 홉 망에 비하여 데이터 중계를 위한 전송이 추가적으로 필요하고 한정된 자원을 여러 RA들이 공유해야 하므로, 서비스 품질의 저하를 야기할 수 있다. 즉, 무선 RA 시스템은 셀 외곽 영역에서 MS의 수신 신호 대 간섭과 잡음 비(Signal to Interference plus Noise Ratio : SINR)를 개선시킬 수는 있지만, 프레임 자원의 일부가 중계 전송을 위하여 사용되므로, MS에 할당할 수 있는 유효 채널 자원이 감소하여 시스템 용량이 큰 폭으로 확장되는데 어려움이 있다.

<4> 이러한 무선 RA 시스템에 비하여 BS와 RA 사이의 링크를 광케이블로 연결하여 셀을 구성하는 유선 RA 시스템의 경우, 기본적인 망의 구성은 무선 RA 시스템과 유사하지만, BS와 RA 간의 링크가 유선이며 고정된 중계국이 사용된다는 점이 다르다.

<5> 유선 RA 시스템은 무선 RA 시스템과 비교하였을 때, BS와 RA 사이의 광케이블 설치를 위한 비용이 들고 RA 설치 후 이동이 어렵다는 문제가 있는 반면, BS와 RA 간 신호 손실이 없으며 간섭 감소 등의 효과가 있다. 또한 다양한 종류의 제어 신호 전송을 BS와 RA 유선 구간으로 전달함으로써, 무선 RA 시스템의 경우 제약을 받는 고 복잡도 고 효율의 자원 할당 기법 및 RA 간 협조적 신호 전송 방식의 적용이 가능하게 된다.

<6> 유선 RA 시스템에서 협조적 신호 전송 방식은 송신단에서 다수의 안테나를 이용하여 신호를 결합하는 마이크로 다이버시티(Micro-diversity) 방식과 2개 이상의 RA에서 신호를 전송하고 이 신호 간의 결합을 활용하는 매크로 다이버시티(Macro-diversity) 방식으로 분류할 수 있다.

<7> 마이크로다이버시디 기술은 송신단에 다수의 안테나를 사용하여 신호를 전송함으로써 다중 경로에 의한 단기 페이딩을 극복할 수 있지만, 지형적인 장애물에 의한 장기 페이딩을 극복하여 채널 품질을 향상시키는 데 한계가

있다. 반면 매크로다이버시티 기술은 상기의 협조적 전송 방식들을 지리적으로 멀리 떨어진 2개 이상의 RA를 사용하여 신호를 전송하게 된다. 이러한 매크로다이버시티 기술은 다수의 RA에서 전송되는 신호들이 결합되기 때문에 지형적인 장애물에 의한 장기 페이딩을 극복하는데 효과적이다.

<8> 또한 협조적 신호 전송 방식은 송신단에서 채널 정보의 이용 여부에 따라 개 루프(Open Loop) 방식과 폐 루프(Closed Loop) 방식으로 나누어진다. 개 루프 방식의 경우 송신단에서 신호를 전송함에 있어서 채널 정보를 이용하지 않고 신호를 전송하게 된다. 반면 폐 루프 방식의 경우는 송신단에서 신호를 전송하기 전 채널 정보를 이용하여 신호 처리를 하여 신호를 전송하게 된다. 일반적으로 채널 정보를 이용하는 폐 루프 방식의 경우가 개 루프 방식에 비해 더 좋은 성능을 보인다.

<9> 하지만 MS의 이동성에 의한 도플러 영향, 채널 궤환 지연을 포함한 여러 가지 요인에 의해 신호처리 계수와 하향링크 간 오차가 발생하게 되며, 이러한 이유로 채널 정보의 신뢰도가 낮아지게 되고 폐 루프 방식의 성능 열화 요인으로 작용하게 되어, 실제로 폐 루프 방식이 개 루프 방식보다 더 낮은 성능을 보이게 되는 문제점이 발생한다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<10> 본 발명은 분산 안테나 시스템에서 하향 링크 신호 전송 시, 셀 내에 존재하는 MS들의 전송 용량 증대를 위해 각각의 MS들의 채널 정보를 이용하여 단일 안테나 전송 방식과 다수 안테나의 협조적 전송 방식의 모드 전환을 위한 방법을 제공하고자 한다.

과제 해결수단

<11> 본 발명의 일 견지에 따르면, 분산 안테나(Distributed Antenna) 시스템에서 선택적 신호 처리 방법에 있어서, 궤환 채널을 통해 채널 상태 정보 값을 보고 받고, 상기 채널 상태 정보 값을 이용하여 신호 결합 전송이 필요한지의 유무를 확인하는 과정과, 전송 용량의 이득에 따라 상기 신호 결합 전송이 필요한 경우 둘 이상의 송신 안테나를 통하여 협조적으로 데이터 신호를 이동 단말로 전송하고, 상기 신호 결합 전송이 필요하지 않은 경우 해당 송신 안테나를 이용하여 데이터 신호를 이동 단말로 단일 전송하는 과정과, 상기 신호 결합 전송이 필요한 경우에 전송된 신호와, 상기 신호 결합 전송이 필요하지 않은 경우에 전송된 신호 이외에 추가적으로 전송이 필요한 경우 상기 일련의 과정을 반복하여 추가적으로 신호를 전송하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

효 과

<12> 본 발명에 의하면, 분산 안테나 시스템에서 신호 전송 시, 협조적 신호 전송을 하기 위한 모드 전환 조건 및 방법으로서, 각각의 RA로부터의 수신 전력을 이용하여 평균 전송 용량을 구하여 전송 방식을 결정하는 방법과 가장 좋은 두 RA의 SIR정보를 이용하여 매 순간의 전송 용량을 비교하여 전송 방식을 결정함으로써 전송 용량 증대와 사용 불능(Outage) 개선을 자져오는 협조적 신호 전송이 가능해지는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<13> 이하 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 하기 설명에서는 구체적인 구성 소자 등과 같은 특정 사항들이 나타나고 있는데 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐 이러한 특정 사항들이 본 발명의 범위 내에서 소정의 변형이나 혹은 변경이 이루어질 수 있음은 이 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 자명하다 할 것이다.

<14> 종래의 기술에서 언급한 바와 같이, 다수의 인접 송신 안테나로부터 서로 다른 시간 또는 주파수 전송 자원을 통해 수신되는 신호를 선형적으로 결합하여 수신 신호의 SINR 품질을 향상시키는 방법인 개 루프 방식 및 폐 루프 방식 중 효율성이 좋은 폐 루프 방식을 사용하지만, 실제 시스템에서는 MS의 이동성에 의한 도플러 영향, 채널 궤환 지연을 포함한 여러 가지 요인에 의해 신호처리계수와 하향링크 간 오차가 발생하게 되고, 이는 폐 루프의 성능열화 원인으로 작용하여 실제로는 개 루프 방식을 사용한 경우보다 SINR이 더 작게 나오는 문제점이 있었다. 따라서 종래 기술에서 언급한 문제를 해결하고자 본 발명에서는 BS와 RA를 송신단이라 통칭하고 이 송신단에서의 채널 환경 및 신호 처리계수의 정확도에 따라 적응적으로 개 루프 기반 또는 폐 루프 기반의 분산 안테나간 협조적 신호 전송을 선택하는 새로운 방법을 제안한다. 시스템에 따라 두 가지 방식을 선택하여 사용할 수 있으며, 본 발명에서는 개 루프 방식의 경우 시공간 블록 부호화(Space Time Block Coding : STBC)의 방

식을, 폐 루프 방식의 경우 최대 비 전송(Maximum Ratio Transmission : MRT)의 방식을 예시하고, 내부 구성을 도시한 구성도와 흐름도를 참조하여 자세히 설명한다.

<15> 도 1은 본 발명이 적용되는 분산 안테나(Distributed Antenna)를 활용한 셀룰러 시스템의 개략적인 일 예시 구성도이다.

<16> 도 1을 살펴보면, 하나의 BS에 6개의 RA들이 유선으로 연결되어 있으며, 주위의 RS들은 또 다른 BS에 연결되어 있다. 본 발명에서 RA로 전송되는 모든 정보는 BS로부터 전송되는 것이므로, BS와 RA의 기능은 동일한 것으로 가정한다. 각 RA 주위의 원으로 표시된 영역은 각각의 RA가 다른 RA와 신호 결합을 하지 않고 독립적으로 신호를 전송할 때 전송 가능한 최하의 SINR 레벨을 포함한 커버리지를 예시한 것이다. 커버리지와 커버리지 사이에 서로 중복된 영역은 비교적 신호 간섭이 심한 영역으로서 RS간 신호 결합에 의해 큰 채널 품질의 개선이 예상되는 지역이다. 다수의 MS가 셀 내에 랜덤하게 분포되어 있으며 RA와 RA 간, RA와 MS 간의 가능한 모든 연결 조합을 구성하여 신호를 송수신한다.

<17> 본 발명에서는 모든 RA가 같은 주파수 대역을 사용하는 주파수 재사용 계수가 1인 시스템을 가정한다. 각 RA 주위의 원으로 표시된 영역은 각각의 RA가 독립적으로 신호 전송 시 전송 가능한 최하의 SINR 레벨을 포함한 커버리지를 예시한 것이며, 커버리지 간 서로 중복된 영역은 특히 신호 간섭이 심한 영역으로서 RA간 협조적 신호 전소에 의해 채널 품질의 개선이 클 것으로 예상되는 지역이다. 본 발명에서는 커버리지 경계에 위치하는 MS들의 신호 품질을 향상시키기 위한 협조적 신호 전송을 수행하기 위한 조건을 제시한다.

<18> 분산안테나 시스템에서는 다양한 방식의 신호 전송을 할 수 있다. 현재의 셀룰러 시스템의 경우와 같이 하나의 안테나를 이용하여 신호를 전송하는 단일 전송 방식(Single Antenna Transmission : SAT)과 두 개 이상의 안테나를 이용하여 신호를 전송하는 협조적 신호 전송 방식이 있다. 협조적 신호 전송 방식으로는 MS의 채널 정보의 활용 여부에 따라 개 루프(Open Loop) 방식과 폐 루프(Closed Loop) 방식으로 나누어진다.

<19> 도 2는 본 발명이 적용되는 개 루프 방식과 폐 루프 방식의 협조적 신호 전송을 위한 일 예시 구성도이다.

<20> 도 2를 살펴보면, 개 루프 방식인 (a)와 폐 루프 방식인 (b)에 대한 예시를 보여준다. 개 루프 방식의 경우에는 송신단에서 채널 정보를 이용하지 않고 신호를 전송하며, 폐 루프의 경우에는 MS로부터 채널 정보를 피드백 받아 신호 전송 시 신호처리를 하여 전송한다. 본 발명에서는 개 루프 방식의 경우 시공간 블록 코딩(Space-Time Block Coding : STBC) 방식을 사용하였으며, 폐 루프 방식의 경우 최대 비 전송(Maximum Ratio Transmission : MRT) 방식을 사용하였다. 또한 협조적 전송을 하기 위해 2개의 RA가 사용됨을 가정한다.

<21> 먼저 하나의 RA가 신호를 전송하는 방식인 단일 전송의 경우 수신 신호는 하기의 수학식과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$y = \sqrt{L_m} h_m s_m + \sum_{\substack{i=0 \\ i \neq m}}^{N} \sqrt{L_i} h_i s_i$$

<22>

<23> 수학식 1에서 Li는 i번째 RA로부터 오는 신호의 경로 손실을 의미하고, hi는 i번째 RA로부터 오는 신호의 채널 이득을 의미하는 페이딩 계수로 복합 가오시안(Complex Gaussian) 분포를 따른다. 하나의 RAm으로부터 신호를 전송 받는 경우 나머지 RA들은 간섭원으로 작용한다. 이러한 전송의 경우 SINR는 하기의 수학식으로 표현된다.

수학식 2

$$\gamma_m = \frac{L_m |H_m|^2 |s_m|^2}{\sum_{\substack{i=0 \\ i \neq m}}^{N} L_i |H_i|^2 |s_i|^2}$$

<24>

<25> 각 RA에서 전송하는 신호의 평균 전력이 P로 동일한 경우에는 $E[|s_m|^2] = P$ 가 되며, 본 발명에서는 이와 같은 상황을 가정한다. 본 발명에서 고려하는 단일 전송 방식은 SINR이 가장 큰 하나의 RA를 선택하여 신호를 전송받게 되며, 이 때 SINR은 다음과 같다.

수학식 3

$$\gamma_{SAT} = \max_{m}\{\gamma_m\}$$

<26>

<27> 다음으로 협조적 신호 전송의 경우에는 개 루프 방식과 폐 루프 방식의 두 가지 경우로 나누어진다. 도 2의 (a)와 같이 피드백 정보를 사용하지 않는 개 루프 방식의 경우, STBC를 사용하여 신호를 송신함에 있어 하기와 같이 송신 신호를 부호화한다.

표 1

	antenna m	antenna n
time t	s_0	s_1
time $t+T$	$-s_1^*$	s_0^*

<28>

<29> 표 1에서 m과 n은 가장 큰 SINR을 가지는 두 개의 RA의 인덱스로 표현하였고, 부호화한 신호를 송신된 신호가 하향 링크 채널을 통과하여 MS에 수신 될 때, 각 전송 구간 t, t+T별 수신 신호를 구하는 수학식을 나타내면 하기와 같다.

수학식 4

$$r_0 = r(t) = \sqrt{L_m}h_m s_0 + \sqrt{L_n}h_n s_1 + I$$
$$r_1 = r(t+T) = -\sqrt{L_m}h_m s_1^* + \sqrt{L_n}h_n s_0^* + I$$

<30>

<31> 수학식 4에서 표현된 I는 $I = \sum_{\substack{i=1 \\ i\neq m,n}}^{N}\sqrt{L_i}h_i s_i$ 로써 간섭 성분을 나타낸다. 수학식 4에서 구한 수신 신호를 복호화하면 다음과 같다.

수학식 5

$$\tilde{s}_0 = \sqrt{L_m}h_m^* r_0 + \sqrt{L_n}h_n r_1^* = (L_m|h_m|^2 + L_n|h_n|^2)s_0 + \sqrt{L_m}h_m^* I + \sqrt{L_n}h_n I^*$$
$$\tilde{s}_1 = \sqrt{L_n}h_n^* r_0 - \sqrt{L_m}h_m r_1^* = (L_m|h_m|^2 + L_n|h_n|^2)s_1 + \sqrt{L_m}h_m I^* + \sqrt{L_n}h_n^* I$$

<32>

<33> 수학식 5를 통하여 전송 심볼을 추정할 수 있게 되고, 이를 이용하여 복호화된 신호의 SINR을 구하면 다음과 같다.

수학식 6

$$\gamma_{STBC} = \frac{L_m|h_m|^2 + L_n|h_n|^2}{\sigma_I^2}|s|^2$$

<34>

<35> 수학식 6에서 $\sigma_I^2 = \sum_{i=1}^{N} L_i|H_i|^2|s_i|^2$ 이며, 간섭 신호의 전력을 나타낸다.

<36> 한편, 송신단에서 채널 정보를 알고 있는 경우, 폐 루프 방식으로 동작하여 성능 향상을 시킬 수 있다. 폐 루프 방식에서는 MRT 전송 방식을 사용하는데, MRT 전송 방식을 사용하는 경우 도 2의 (b)에서와 같이 송신단에서 신호를 전송하기 전에 RAm과 RAn에서 가중치 Wm과 Wn을 각각 곱하여 전송하며, 이 때의 빔포밍(Beam-forming) 벡터는 하기와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 7

$$\mathbf{w} = \begin{bmatrix} w_m \\ w_n \end{bmatrix} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{|h_m|^2 + |h_n|^2}} \begin{bmatrix} h_m^* \\ h_n^* \end{bmatrix}$$

<37>

<38> BS에서 수학식 7의 빔포밍 벡터를 이용하여 송신 신호를 X=WS로 신호 처리하여 수학식으로 나타내면 다음과 같다.

수학식 8

$$y = \sqrt{2} \frac{(|h_m|^2 + |h_n|^2)}{\sqrt{|h_m|^2 + |h_n|^2}} s + I$$

<39>

<40> MS에서 수학식 8을 이용하여 신호를 수신하고, 이에 따른 피드백 정보를 이용한 MRT 방식의 수신 SINR은 하기의 수학식과 같다.

수학식 9

$$\gamma_{MRT} = 2 \frac{L_m |h_m|^2 + L_n |h_n|^2}{\sigma_I^2} |s|^2$$

<41>

<42> 상기에서 구한 γ_{SAT}, γ_{STBC}, γ_{MRT} 를 잡음이 있는 채널에서 최대 전송률을 결정하는 수식인 섀넌 용량 공식(Shannon Capacity Formula)에 적용하여 각 전송 방식 별 전송 용량을 구할 수 있다. 상기 수식들을 참조하면, 협조적 전송의 경우 단일 전송에 비하여 간섭의 영향을 적게 받으므로 더 좋은 신호 품질을 제공한다. 하지만 협조적 전송의 경우 2개의 안테나 자원을 사용하므로, 단일 전송 방식과의 공정한 비교를 위하여 용량 공식을 2로 나누어 정규화(Normalization)한 뒤 비교한다. 각 전송방식에 따른 용량을 하기의 수학식으로 나타내었다.

수학식 10

$$\eta_{SAT} = \log_2(1 + \gamma_{SAT})$$
$$\eta_{STBC} = 0.5 \log_2(1 + \gamma_{STBC})$$
$$\eta_{MRT} = 0.5 \log_2(1 + \gamma_{MRT})$$

<43>

<44> 수학식 10의 각 전송방식에 따른 용량을 이용하여 협조적 신호 전송을 수행하기 위한 전송 방식을 전환할 수 있다. 본 발명에서는 전송방식을 전환하기 위한 조건으로 에르고딕(Ergodic) 용량을 이용하는 방법과 순간 전송 용량을 이용하는 방법을 각 실시 예를 들어 설명한다. 먼저 에르고딕 용량을 이용한 모드 전환을 도 3을 참조하여 설명한다.

<45> 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전송 방식 별 평균 주파수 효율을 나타낸 그래프이다. 도 3의 Y축을 에르고딕 용량으로 나타내었고, X축은 표준 거리를 0에서 1까지로 나타내었다.

<46> 도 3을 살펴보면, MS는 RA1에서 RA2로 직선으로 이동한다고 가정하고, RA1과 RA2의 중간지점까지 이동한 결과를 나타내고 있다. 결과를 살펴보면, 단일 전송의 경우 RA1 근처에서 더 좋은 성능을 보인 반면, RA간 경계지역으로 갈수록 협조적 전송 방식이 더 좋은 성능을 나타낸다. 이는 RA 근처에서는 단일전송 방식을 사용하고, RA간 중간 지점에서는 두 RA가 협조적 신호 전송을 하는 것이 전송 용량을 증대시킨다는 것을 알 수 있다. 따라서 하기와 같은 조건으로 전송 방식을 선택 할 수 있다.

표 2

<47>

개 루프(Open Loop)	$E[\eta_{SAT}] \geq E[\eta_{STBC}]$ ⇒ SAT 방식 사용 $E[\eta_{SAT}] < E[\eta_{STBC}]$ ⇒ STBC 방식 사용
폐 루프(Closed Loop)	$E[\eta_{SAT}] \geq E[\eta_{MRT}]$ ⇒ SAT 방식 사용 $E[\eta_{SAT}] < E[\eta_{MRT}]$ ⇒ MRT 방식 사용

<48> 표 2에서 η_{SAT} 는 단일 전송을 할 경우, η_{STBC} 는 STBC를 이용하여 전송할 경우, η_{MRT}는 MRT를 이용하여 전송할경우의 주파수 효율을 의미한다. 평균 전송 용량을 이용하여 신호 전송 방식을 선택하기 위해서는 채널 상태에 따른 평균 전송 용량을 구하여야 하며, 이를 구하는 수학식을 하기에 나타내면 다음과 같다.

수학식 11

<49>
$$\mathrm{E}[\eta] = \int_0^\infty \log_2(1+u) f_\gamma(u)\mathrm{d}u$$

<50> 수학식 11에서 $f_\gamma(u)$ 는 SINR의 확률밀도함수이며, 전송 방식 및 채널 조건에 따라 다른 형태를 갖는다. 본 발명에서는 플랫 레이 페이딩(Flat Rayleigh Fading) 채널을 기준으로 설명한다. 단일전송인 경우 SINR은 상기에 설명된 수학식 2와 같이 나타낼 수 있으며, 가장 큰 간섭원이 되는 RAn의 영향을 반영하기 위해 수학식 2를 하기의 수학식으로 바꾸어 사용할 수 있다.

수학식 12

<51>
$$\gamma_{SAT} = \frac{L_m |h_m|^2 |x_m|^2}{L_n |h_n|^2 |x_n|^2 + \sigma_I^2}$$

<52> 수학식 12에서 페이딩 계수 hm과 hn은 복합 가오시안(Complex Gaussian) 분포를 따르며, 수학식 12의 분모를 X, 분자를 Y라고 정의하면 하기와 같은 수학식과, 그 분포를 가질 수 있다.

수학식 13

<53>
$$f_X(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma_m^2}\exp\left(\frac{-x}{\sigma_m^2}\right), & \text{for } x>0 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \quad f_Y(y) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma_n^2}\exp\left(\frac{-(y-\sigma_I^2)}{\sigma_n^2}\right), & \text{for } y>\sigma_I^2 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases}$$

<54> 수학식 13에서 σ_m^2와 σ_n^2는 페이딩 계수 hm과 hn의 분산이며, 자코비안 변환(Jacobian Transformation)을 이용하면 fx(x)와 fy(y)를 하기와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 14

<55>
$$f_{\gamma_{SAT}}(\gamma) = \frac{\left(\sigma_m^2(\sigma_n^2+\sigma_I^2)+\sigma_n^2\sigma_I^2\gamma\right)}{(\sigma_m^2+\sigma_n^2\gamma)^2}\exp\left(-\frac{\sigma_I^2}{\sigma_m}\gamma\right)$$

<56> 수학식 14를 수학식 11에 적용하면, 단일전송을 할 경우, 하기의 수학식을 이용하여 같은 평균 전송 용량을 구할 수 있다.

수학식 15

<57>
$$\mathrm{E}[\eta_{SAT}] = \int_0^\infty \log_2(1+\gamma) f_{\gamma_{SAT}}(\gamma)\mathrm{d}\gamma$$
$$= \frac{\sigma_m^2\left(-\exp\left(\frac{\sigma_I^2}{\sigma_m^2}\right)\mathrm{Ei}\left(-\frac{\sigma_I^2}{\sigma_m^2}\right)+\exp\left(\frac{\sigma_I^2}{\sigma_n^2}\right)\mathrm{Ei}\left(\frac{\sigma_I^2}{\sigma_n^2}\right)\right)}{(\sigma_m^2-\sigma_n^2)\ln 2}$$

<58> 이 때 Ei(x) 지수 적분 함수(Exponential Integral Function)를 나타내며 $\mathrm{Ei}(x) = -\int_{-x}^{\infty} e^{-t}/t\,dt$ 로 정의된다.

<59> 협조적 전송을 하는 경우, STBC 방식과 MRT 방식의 SINR은 수학식 6과 수학식 9에 나타내어져 있고, 이러한 협조적 전송 방식의 SINR은 서로 다른 신호 전력의 합으로 이루어져 있다. 신호 전력은 지수 분포를 따르므로 STBC 방식과 MRT 방식의 확률밀도 함수를 하기의 수학식으로 나타낼 수 있다.

수학식 16

$$f_{\gamma_{STBC}}(\gamma) = \frac{\pi_m}{\sigma_m^2}\exp(-\frac{\gamma}{\sigma_m^2}) + \frac{\pi_n}{\sigma_n^2}\exp(-\frac{\gamma}{\sigma_n^2})$$

$$f_{\gamma_{MRT}}(\gamma) = \frac{\pi_m}{2\sigma_m^2}\exp(-\frac{\gamma}{2\sigma_m^2}) + \frac{\pi_n}{2\sigma_n^2}\exp(-\frac{\gamma}{2\sigma_n^2})$$

<60>

<61> 수학식 16에서 $\pi_m = \frac{\sigma_m^2}{\sigma_m^2 - \sigma_n^2}$ 이고, $\pi_n = \frac{\sigma_n^2}{\sigma_n^2 - \sigma_m^2}$ 이다. STBC를 사용하여 신호 전송을 하는 경우, $f_{\gamma_{STBC}}(\gamma)$ 을 수학식 13에 대입하면 하기와 같은 STBC 방식에서 평균 전송 용량을 구하는 수학식으로 나타낼 수 있다.

수학식 17

$$\mathrm{E}[\eta_{STBC}] = \int_0^\infty \log_2(1+\gamma) f_{\gamma_{STBC}}(\gamma)\mathrm{d}\gamma$$

$$= \frac{-\sigma_m^2 \exp(\frac{\sigma_I^2}{\sigma_m^2})\mathrm{Ei}(-\frac{\sigma_I^2}{\sigma_m^2}) + \sigma_n^2 \exp(\frac{\sigma_I^2}{\sigma_n^2})\mathrm{Ei}(-\frac{\sigma_I^2}{\sigma_n^2})}{(\sigma_m^2 - \sigma_n^2)\ln 2}$$

<62>

<63> 마찬가지로 MRT를 사용하여 신호 전송을 하는 경우, $f_{\gamma_{MRT}}(\gamma)$ 을 수학식 13에 대입하면 하기와 같은 MRT 방식에서 평균 전송 용량을 구하는 수학식으로 나타낼 수 있다.

수학식 18

$$\mathrm{E}[\eta_{MRT}] = \int_0^\infty \log_2(1+\gamma) f_{\gamma_{MRT}}(\gamma)\mathrm{d}\gamma$$

$$= \frac{-\sigma_m^2 \exp(\frac{\sigma_I^2}{2\sigma_m^2})\mathrm{Ei}(-\frac{\sigma_I^2}{2\sigma_m^2}) + \sigma_n^2 \exp(\frac{\sigma_I^2}{2\sigma_n^2})\mathrm{Ei}(-\frac{\sigma_I^2}{2\sigma_n^2})}{(\sigma_m^2 - \sigma_n^2)\ln 2}$$

<64>

<65> 상기와 같이 수학식 15, 17, 18을 이용할 경우, BS에서는 평균 전송 용량을 계산할 수 있다. 계산 결과를 이용하여 개 루프인 경우 단일 전송 방식과 STBC를 이용한 협조적 전송 방식 간 모드 전환을 위한 조건식을 하기의 수학식으로 나타내었다.

수학식 19

$$\Delta\eta_{open} = \mathrm{E}[\eta_{SAT}] - \mathrm{E}[\eta_{STBC}] = \frac{-\sigma_m^2\Phi(\sigma_m^2) + (2\sigma_m^2 - \sigma_n^2)\Phi(\sigma_n^2)}{2(\sigma_m^2 - \sigma_n^2)\ln 2}$$

<66>

<67> 수학식 19에서 $\Phi(x) = \exp\left(\frac{\sigma_I^2}{x}\right)\mathrm{Ei}\left(-\frac{\sigma_I^2}{x}\right)$ 이며, 송신단에서 채널 정보를 활용할 수 없는 경우, 즉 수학식 19가 0보다 클 경우 단일 전송을 하며, 수학식 19가 0보다 작을 경우 STBC를 이용하여 신호를 전송하게 된다. 단, 실제적 구현을 위해서 $\mathrm{E}[\cdot]$ 로 표기된 기댓값을 다수 프레임에 대한 평균값으로 대체하여 사용할 수도 있다.

<68> 다음으로 폐 루프인 경우 단일 전송 방식과 MRT를 이용한 협조적 전송 방식 간 모드 전환을 위한 조건식을 하기의 수학식으로 나타내었다.

수학식 20

$$\Delta\eta_{closed} = \mathrm{E}[\eta_{SAT}] - \mathrm{E}[\eta_{MRT}] = \frac{\sigma_m^2(-2\Phi(\sigma_n^2) + \Phi(2\sigma_m^2) + 2\Phi(\sigma_n^2)) - \sigma_n^2\Phi(2\sigma_m^2)}{2(\sigma_m^2 - \sigma_n^2)\ln 2}$$

<69>

<70> 수학식 20이 0보다 클 경우, 즉 채널 정보를 활용하여 신호를 전송하는 폐 루프 방식을 사용하는 경우에는 단일 전송을 하며, 수학식 20이 0보다 작을 경우에는 MRT를 이용하여 신호를 전송하게 된다. 이를 하기의 도 4의 흐름도에 나타내었다.

<71> 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 에르고딕 용량을 이용한 모드 전환을 나타낸 흐름도이다.

<72> 도 4를 살펴보면, 먼저 401단계에서 MS로부터 페이딩 계수 σ_m^2, σ_n^2, σ_I^2 을 통하여 필요한 정보를 입력 받는다. 403단계에서 송신 시 채널 정보를 활용하는지 여부에 따라서 개 루프 방식과 폐 루프 방식으로 나뉘어 지게 된다. 만약 송신 시 채널 정보를 활용하지 않는다면, 413단계로 진행하여 수학식 19를 이용하여 $\Delta\eta_{open}$값을 구한다. 415단계에서 $\Delta\eta_{open}$ 값이 0보다 크다면 409단계로 진행하여 단일 정보 전송 방식인 SAT 방식을 이용하여 신호를 전송하고, $\Delta\eta_{open}$ 값이 0보다 작다면 417단계로 진행하여 STBC를 이용한 협조적 신호 전송 방식을 이용하여 신호를 전송한다.

<73> 만약 송신 시 채널 정보를 활용한다면, 405단계로 진행하여 수학식 20을 이용하여 $\Delta\eta_{closed}$값을 구하고, 407단계에서 $\Delta\eta_{closed}$ 값이 0보다 크다면 409단계로 진행하여 단일 정보 전송 방식인 SAT 방식을 이용하여 신호를 전송하고, $\Delta\eta_{closed}$ 값이 0보다 작다면 411단계로 진행하여 MRT를 이용한 협조적 신호 전송 방식을 이용하여 신호를 전송한다. 419단계에서 추가 신호 전송 유무를 확인한 뒤 추가 신호 전송이 필요하다면 처음으로 돌아가 상기의 과정을 다시 수행하고, 추가 신호 전송이 필요하지 않다면 신호 전송을 종료한다.

<74> 다음으로 채널 상태에 따른 평균 전송 용량을 구하여 전송 방식을 선택하는 방식과는 다르게 매 순간 마다 변화하는 채널 상태에 따라 전송 용량을 구하여 전송 방식을 선택할 수 있는 순간 전송 용량을 이용한 모드 전환에 대하서 설명한다.

<75> 순간 전송 용량을 이용하여 모드를 전환하는 방법에서 개 루프 방식의 경우 SINR은 수학식 6과 같은데, 이 수학식을 가장 큰 SINR을 가지는 RAm과 RAn으로부터, 단일 전송을 받는 경우 SINR의 $\gamma_m\gamma_n$로 변형하여 나타내면 하기와 같다.

수학식 21

<76>
$$\gamma_{STBC} = \frac{\gamma_m + \gamma_n + 2\gamma_m\gamma_n}{1 - \gamma_m\gamma_n}$$

<77> 따라서, 두 RAm과 RAn으로부터 송신되는 신호의 SINR 정보를 알면 STBC 방식을 사용할 경우의 SINR을 계산할 수 있고, γ_{SAT} 와 γ_{STBC} 를 수학식 10에 대입하여 단일 전송 방식과 STBC를 이용하는 협조적 전송 방식의 전송 요량을 계산할 수 있다. 폐 루프 방식의 경우에도 개 루프 방식과 마찬가지로 MRT를 사용하는 경우, SINR을 하기와 같이 $\gamma_m\gamma_n$ 로 나타낼 수 있다.

수학식 22

<78>
$$\gamma_{MRT} = 2\frac{\gamma_m + \gamma_n + 2\gamma_m\gamma_n}{1 - \gamma_m\gamma_n}$$

<79> 수학식 22에서 γ_{MRT} 를 이용하여 MRT를 사용하는 경우 전송 용량을 계산할 수 있으며, 계산 결과를 이용하여 단일 전송 방식과 모드 전환을 하는 조건식에 이용할 수 있다.

<80> 수학식 21과 수학식 22를 이용하여 단일 전송과 모드 전환을 하기 위한 조건식을 하기와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 23

<81>
$$\Delta\gamma_{open} = \gamma_{SAT} - \gamma_{STBC} = \gamma_m^2 + 2\gamma_m - \frac{\gamma_m + \gamma_n + 2\gamma_m\gamma_n}{1 - \gamma_m\gamma_n}$$

$$\Delta\gamma_{closed} = \gamma_{SAT} - \gamma_{MRT} = \gamma_m^2 + 2\gamma_m - 2\frac{\gamma_m + \gamma_n + 2\gamma_m\gamma_n}{1-\gamma_m\gamma_n}$$

<82>

<83> 수학식 23의 조건식에서 송신단에서 채널 정보를 활용할 수 없는 개 루프 방식을 사용하는 경우, 즉 $\Delta\gamma_{open}>0$ 인 경우에는 단일 전송을 하며, $\Delta\gamma_{open}<0$인 경우에는 STBC 방식을 이용하여 신호를 전송하게 된다. 마찬가지로 채널 정보를 활용하여 신호를 전송하는 폐 루프 방식을 사용하는 경우, 즉 $\Delta\gamma_{closed}>0$인 경우에는 단일 전송을 하며, $\Delta\gamma_{closed}<0$인 경우에는 MRT를 이용하여 신호를 전송하게 된다. 이를 하기의 도 5의 흐름도에 나타내었다.

<84> 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 순간 전송 용량을 이용한 모드 전환을 나타낸 흐름도이다.

<85> 도 5를 살펴보면, 먼저 501단계에서 MS로부터 페이딩 계수 $\gamma 1$, $\gamma 2$를 통하여 필요한 정보를 입력 받는다. 503단계에서 송신 시 채널 정보를 활용하는지 여부에 따라서 개 루프 방식과 폐 루프 방식으로 나뉘어 지게 된다. 만약 송신 시 채널 정보를 활용하지 않는다면, 513단계로 진행하여 수학식 21을 이용하여 $\Delta\gamma_{open}$값을 구한다. 515단계에서 $\Delta\gamma_{open}$ 값이 0보다 크다면 509단계로 진행하여 단일 정보 전송 방식인 SAT 방식을 이용하여 신호를 전송하고, $\Delta\gamma_{open}$ 값이 0보다 작다면 517단계로 진행하여 STBC를 이용한 협조적 신호 전송 방식을 이용하여 신호를 전송한다.

<86> 만약 송신 시 채널 정보를 활용한다면, 505단계로 진행하여 수학식 22를 이용하여 $\Delta\gamma_{closed}$값을 구하고, 507단계에서 $\Delta\gamma_{closed}$ 값이 0보다 크다면 509단계로 진행하여 단일 정보 전송 방식인 SAT 방식을 이용하여 신호를 전송하고, $\Delta\gamma_{closed}$ 값이 0보다 작다면 511단계로 진행하여 MRT를 이용한 협조적 신호 전송 방식을 이용하여 신호를 전송한다. 519단계에서 추가 신호 전송 유무를 확인한 뒤 추가 신호 전송이 필요하다면 처음으로 돌아가 상기의 과정을 다시 수행하고, 추가 신호 전송이 필요하지 않다면 신호 전송을 종료한다.

<87> 도 4와 도 5의 흐름도를 수행하기 위해서는 BS와 RA, RA와 MS 간 정보 교환이 필요하며 이는 도 6에 나타나 있다.

<88> 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 BS와 RA와 MS 간 신호 전송을 개략적으로 표현한 구성도이다. 도 6을 살펴보면, BS는 RA를 통하여 MS의 채널 정보를 전달받으며, 이를 도 4와 도 5의 흐름도를 수행하기 위한 정보로 활용하여 최대 전송 용량을 만족시키는 전송 방식을 선택한다.

<89> 도 7, 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 개 루프 시스템과 폐 루프 시스템에서 순간 전송 용량을 이용한 모드 전환 시 전소 용량을 나타낸 그래프로써, 도 5의 흐름도를 도 1의 환경에서 실험한 결과를 그래프로 표현하였다.

<90> 도 7은 개 루프 상황에서 단일 전송과 STBC 방식 중 매 순간 가장 좋은 성능을 보이는 전송 방식을 선택하였고, 도 8은 폐 루프 상황에서 단일 전송과 MRT 방식 중 더 좋은 성능의 전송 방식을 선택하였을 경우의 결과이다. 그래프에서 보여지는 것과 같이 두 그래프 모두 단일 전송 또는 협조적 전송 하나만 사용할 경우보다 더 높은 성능을 나타내는 것을 볼 수 있다.

<91> 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 순간 전송 용량을 이용한 모드 전환 시 전송 용량을 비교한 그래프이고, 도 10은 본 발명의 일 실시 예에 따른 순간 전송 용량을 이용한 모드 전환 시 작동 불능 확률을 비교한 그래프이다.

<92> 도 9와 도 10에서는 순간 전송 용량을 이용한 모드 전환 방식을 적용할 때의 성능 향상을 보여준다. 성능 평가를 위해 매 순간의 SINR을 이용하여 전송 방식을 선택하는 방법을 사용하였다. 도 9는 전송 용량의 누적분포함수를 나타내며, 도 10은 SINR의 확률분포함수를 통해 작동 불능 개선 정도를 보여준다. SINR=-2.35dB 이하를 작동 불능 발생 조건으로 정의 시, 전송 용량은 8% 증가하였으며, 작동 불능의 경우 13% 감소하는 성능 향상이 발생하는 것을 알 수 있다.

<93> 이와 같은 방법으로 BS는 각각의 MS에게 최대 용량을 만족시키는 전송 방식을 선택함으로써 경계지역에 위치하는 MS들의 전송 용량 증대와 작동 불능(Outage) 개선을 가져올 수 있다.

<94> 또한 MS의 채널 정보를 이용하여 협조적 신호 전송 여부를 판단하는 방법을 개 루프(Open Loop) 및 폐 루프

(Closed Loop) 시스템에 대해 활용 가능한 신호 전송 방식들을 통해 제시하며, 협조적 전송 방식의 활용으로 셀 경계 지역에 위치한 MS의 신호 품질을 향상시킬 수 있다.

<95> 상기와 같이 본 발명의 일 실시 예에 따른 분산 안테나 시스템에서 선택적 신호 처리 장치 및 방법의 구성 및 동작이 이루어질 수 있으며, 한편 상기한 본 발명의 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나 여러 가지 변형이 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 실시될 수 있다. 따라서 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 의하여 정할 것이 아니고 청구범위와 청구범위의 균등한 것에 의하여 정하여져야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

<96> 도 1은 본 발명이 적용되는 분산 안테나(Distributed Antenna)를 활용한 셀룰러 시스템의 개략적인 일 예시 구성도

<97> 도 2는 본 발명이 적용되는 개 루프 방식과 폐 루프 방식의 협조적 신호 전송을 위한 일 예시 구성도

<98> 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전송 방식 별 평균 주파수 효율을 나타낸 그래프

<99> 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 에르고딕 용량을 이용한 모드 전환을 나타낸 흐름도

<100> 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 순간 전송 용량을 이용한 모드 전환을 나타낸 흐름도

<101> 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 기지국과 중계국과 이동 단말 간 신호 전송을 개략적으로 표현한 구성도이다.

<102> 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 개 루프 시스템에서 순간 전송 용량을 이용한 모드 전환 시 전소 용량을 나타낸 그래프

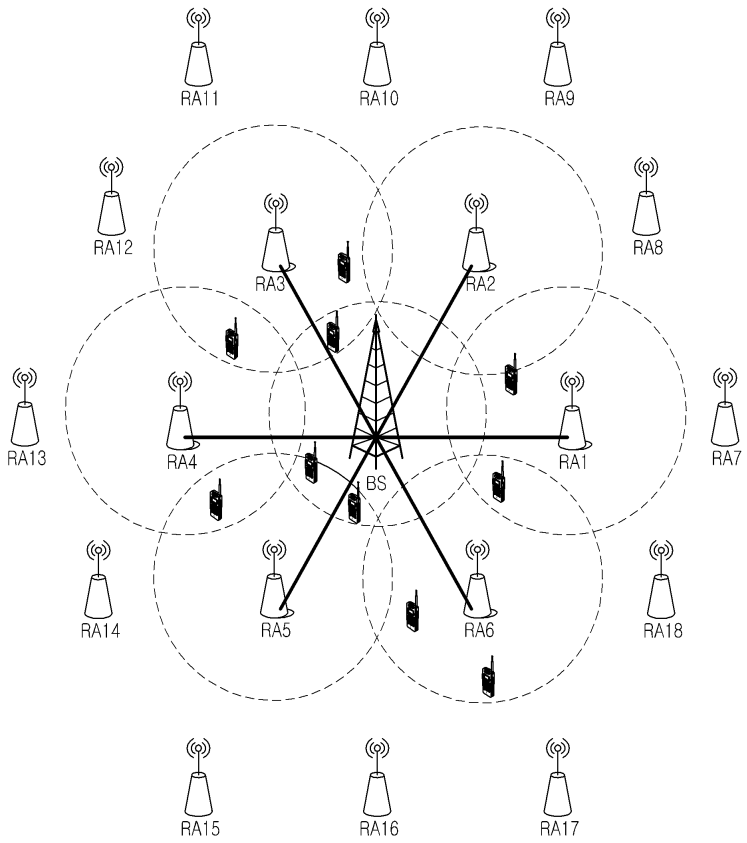
<103> 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 폐 루프 시스템에서 순간 전송 용량을 이용한 모드 전환 시 전소 용량을 나타낸 그래프

<104> 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 순간 전송 용량을 이용한 모드 전환 시 전송 용량을 비교한 그래프

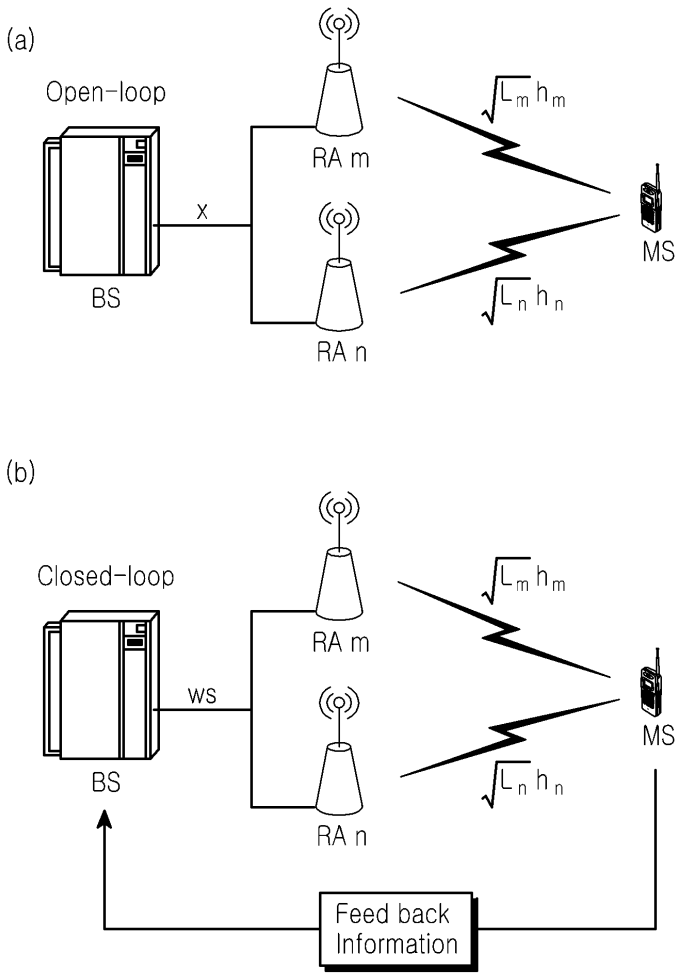
<105> 도 10은 본 발명의 일 실시 예에 따른 순간 전송 용량을 이용한 모드 전환 시 작동 불능 확률을 비교한 그래프

도면

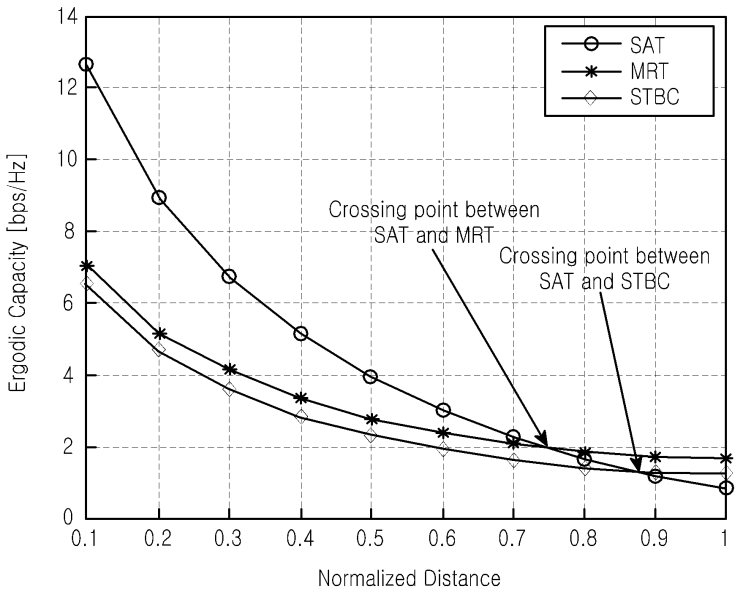
도면1


RA11
RA10
RA9
RA12
RA8
RA3
RA2
RA13
RA4
RA1
RA7
BS
RA14
RA5
RA6
RA18
RA15
RA16
RA17

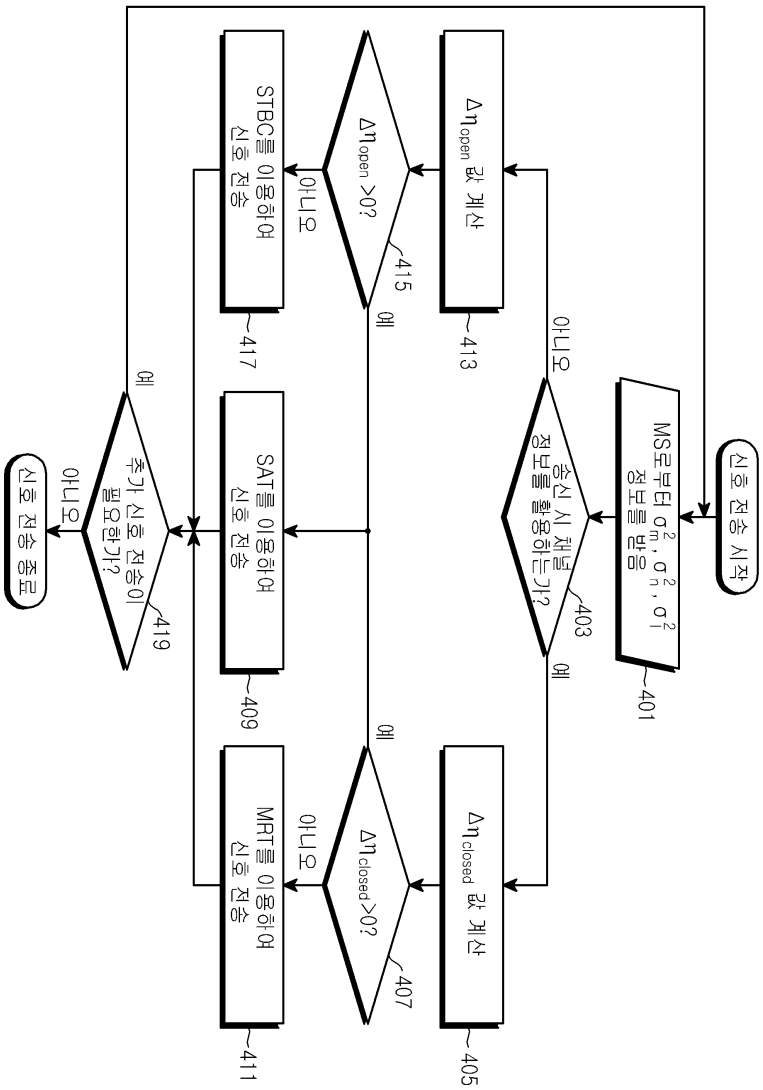
도면2


(a)
Open-loop
BS
x
RA m
RA n
MS
(b)
Closed-loop
BS
ws
RA m
RA n
MS
Feed back
Information

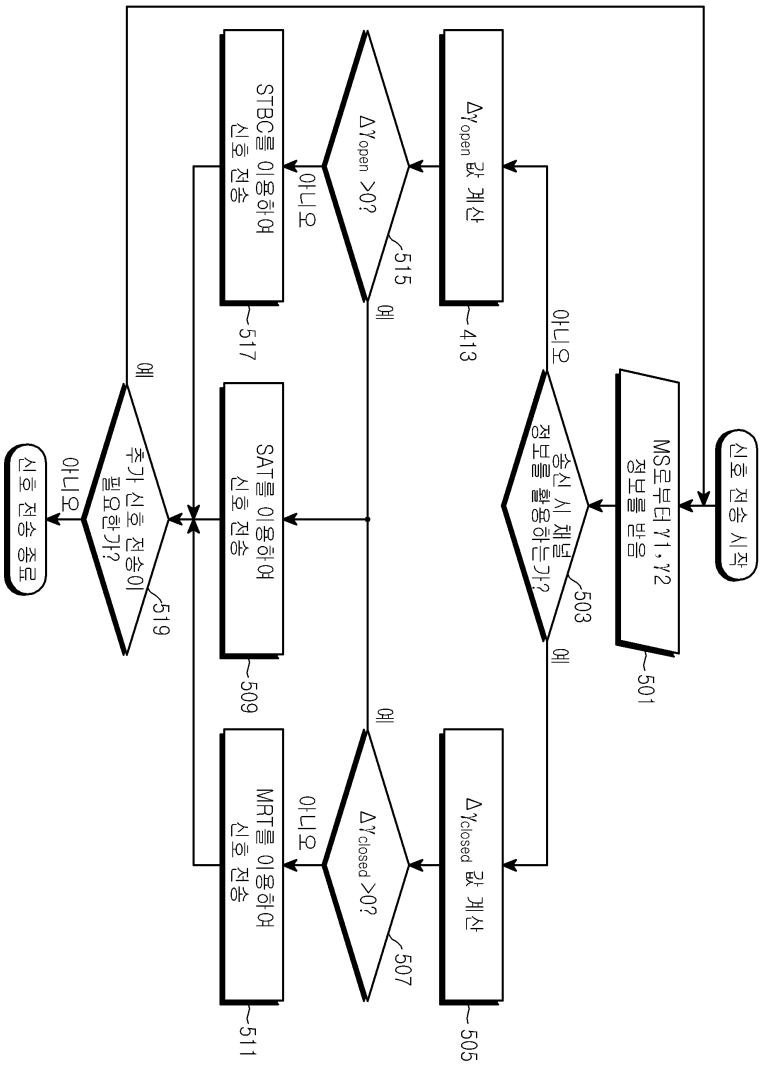
도면3


SAT
MRT
STBC
Crossing point between
SAT and MRT
Crossing point between
SAT and STBC
Ergodic Capacity [bps/Hz]
Normalized Distance
0
2
4
6
8
10
12
14
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1

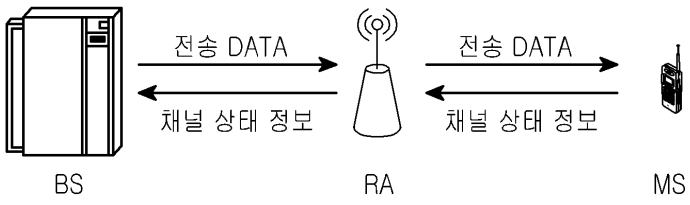
도면4


신호 전송 시작
MS로부터 $\sigma_m^2, \sigma_n^2, \sigma_I^2$ 정보를 받음
401
송신 시 채널 정보를 활용하는가?
403
아니오
예
$\Delta\eta_{open}$ 값 계산
413
$\Delta\eta_{open}$ >0?
415
아니오
예
STBC를 이용하여 신호 전송
417
$\Delta\eta_{closed}$ 값 계산
405
$\Delta\eta_{closed}$>0?
407
아니오
예
MRT를 이용하여 신호 전송
411
SAT를 이용하여 신호 전송
409
추가 신호 전송이 필요한가?
419
예
아니오
신호 전송 종료

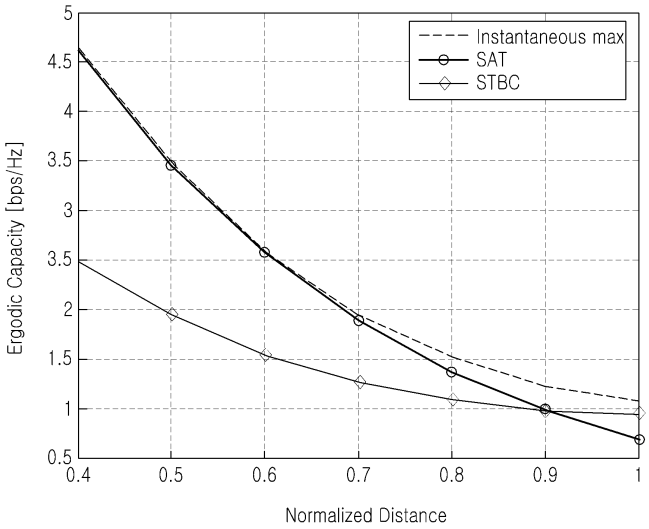
도면5


신호 전송 시작
MS로부터 γ1, γ2 정보를 받음
501
송신 시 채널 정보를 활용하는가?
503
아니오
예
Δγopen 값 계산
413
Δγclosed 값 계산
505
Δγopen >0?
515
Δγclosed >0?
507
아니오
예
STBC를 이용하여 신호 전송
517
SAT를 이용하여 신호 전송
509
MRT를 이용하여 신호 전송
511
추가 신호 전송이 필요한가?
519
아니오
예
신호 전송 종료

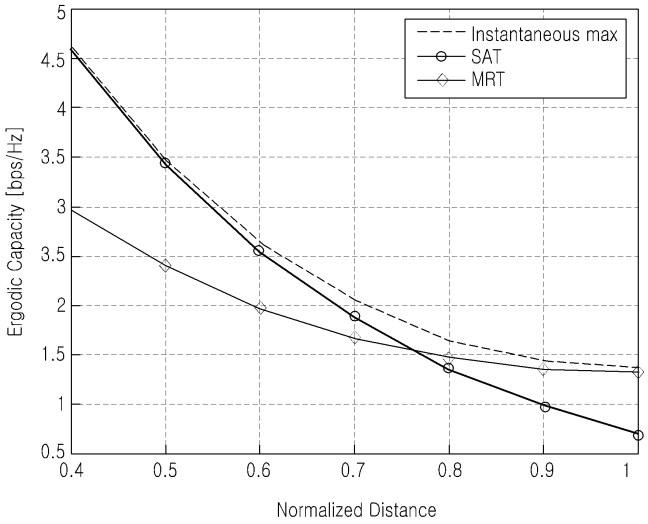
도면6


전송 DATA
채널 상태 정보
전송 DATA
채널 상태 정보
BS
RA
MS

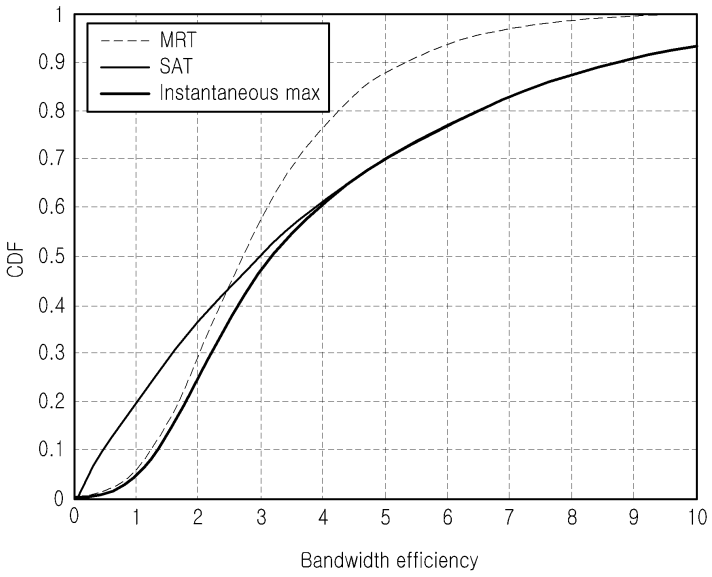
도면7


Instantaneous max
SAT
STBC
Ergodic Capacity [bps/Hz]
Normalized Distance
5
4.5
4
3.5
3
3.5
2
1.5
1
0.5
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1

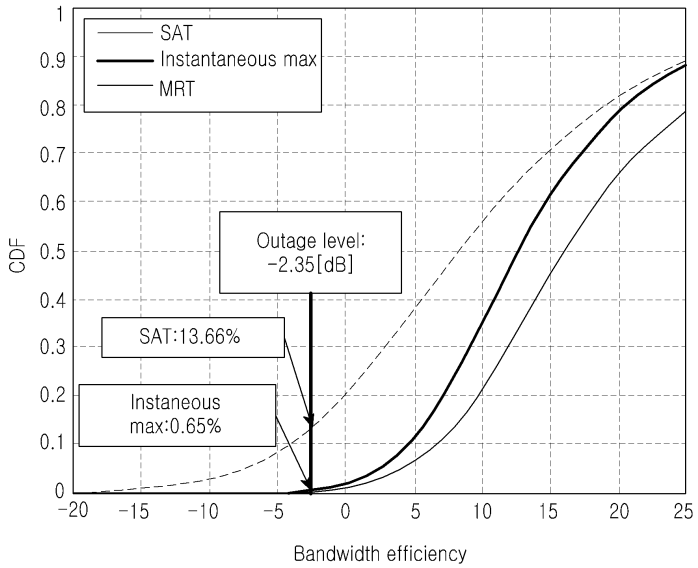
도면8


Instantaneous max
SAT
MRT
Ergodic Capacity [bps/Hz]
Normalized Distance
5
4.5
4
3.5
3
3.5
2
1.5
1
0.5
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1

도면9


MRT
SAT
Instantaneous max
CDF
Bandwidth efficiency

도면10


SAT
Instantaneous max
MRT
Outage level:
-2.35[dB]
SAT:13.66%
Instaneous
max:0.65%
CDF
Bandwidth efficiency