(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0045588
(43) 공개일자 2009년05월08일

(51) Int. Cl.
H04B 7/04 (2006.01) *H04B 7/26* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0111489
(22) 출원일자 2007년11월02일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 매탄동 416
서강대학교산학협력단
서울 마포구 신수동 1-1 서강대학교
(72) 발명자
송기욱
경기도 수원시 영통구 영통동 황골마을 135동 1004호
황성택
경기도 평택시 독곡동 대림아파트 102동 303호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이건주

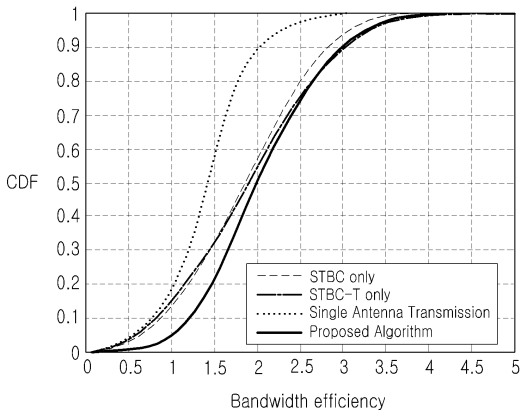
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 분산 안테나 시스템에서 신호 처리 장치 및 방법

(57) 요 약

분산 안테나(Distributed Antenna) 시스템에서 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, 상기 신호 결합 전송이 필요한 경우 채널 신뢰도를 계산하여 계산된 신호를 이동 단말로 전송하고, 상기 신호 결합 전송이 필요하지 않은 경우 해당 송신 안테나를 이용하여 이동 단말로 신호를 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.

대 표 도 - 도5



(72) 발명자

성원진

서울특별시 서초구 잠원동 60-7 녹원 한신아파트 101동 505호

최진우

서울특별시 서초구 반포4동 서래아파트 4동 604호

김재원

서울특별시 마포구 도화동 마포트라팰리스 A동 3110호

송의석

서울특별시 마포구 상수동 90-8 302호

특허청구의 범위

청구항 1

분산 안테나(Distributed Antenna) 시스템에서 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,

상기 신호 결합 전송이 필요한 경우 채널 신뢰도를 계산하여 계산된 신호를 이동 단말로 전송하고, 상기 신호 결합 전송이 필요하지 않은 경우 해당 송신 안테나를 이용하여 신호를 이동 단말로 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, 상기 채널 신뢰도는

하기의 수학식을 이용하여 해당 신호를 계산하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 방법.

수학식 15

$$\rho_i = \frac{\mathrm{E}[h_i w_i^*]}{\sigma_h \sigma_w}$$

상기 수학식 15에서 h는 하향링크를 나타내고, w는 신호처리 계수를 나타낸다.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 채널 신뢰도는

기지국 및 중계국에서 채널 환경 및 신호 처리 계수의 정확도에 따라 개방 루프 또는 폐 루프 기반의 분산 안테나간 신호 전송 방법을 선택하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 방법.

청구항 4

제 3항에 있어서, 상기 개방 루프는

송수신 안테나간 채널 상태 정보 값이 활용되지 않는 개방 루프 기반의 시공간 블록 부호화(Space-Time Block Coding) 방식을 사용하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 방법.

청구항 5

제 3항에 있어서, 상기 폐 루프는

송수신 안테나간 채널 상태 정보 값을 활용하여 최대 효율 전송 신호 처리 과정을 추가로 수행하는 폐 루프 기반의 시공간 블록 부호화(Space-Time Block Coding with maximum ratio Transmission) 방식을 사용하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 방법.

청구항 6

분산 안테나(Distributed Antenna) 시스템에서 신호 처리 장치에 있어서,

채널 신뢰도를 계산하여 이동 단말로 신호를 전송하는 기지국(Base Station) 및 중계국(Relay Station)과,

변조 방식에 상관없이 항상 동일한 복조과정을 수행하는 이동 단말(Mobile Station)을 포함하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 장치.

청구항 7

제 6항에 있어서, 상기 기지국 및 중계국은

하나 또는 둘 이상의 송신 안테나를 가질 수 있는 것을 특징으로 하는 신호 처리 장치.

청구항 8

제 6항에 있어서, 상기 이동 단말은

상기 기지국 및 중계국으로부터 전송되는 수신 신호를 활용하여 채널 상태 정보 값을 추청하고, 상기 채널 상태 정보 값을 활용하여 복조과정을 수행하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 장치.

청구항 9

제 6항에 있어서, 상기 이동 단말은

기지국 및 중계국에서 개방 루프 기반의 시공간 블록 부호화 방식과 폐 루프 기반의 시공간 블록 부호화 방식 중 어떠한 방식으로 변조를 수행하였는가에 무관하게 항상 하기의 수학식을 통하여 동일한 복조과정을 수행하는 것을 특징으로 하는 신호 처리 방법.

수학식 16

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} \alpha^* r_0 + \beta r_1^* \\ \beta^* r_0 - \alpha r_1^* \end{bmatrix}$$
$$= \begin{bmatrix} \alpha^*(\alpha s_0 + \beta s_1 + n_0) + \beta(-\alpha^* s_1 + \beta^* s_0 + n_1^*) \\ \beta^*(\alpha s_0 + \beta s_1 + n_0) - \alpha(-\alpha^* s_1 + \beta^* s_0 + n_1^*) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (|\alpha|^2 + |\beta|^2) s_0 + \alpha^* n_0 + \beta n_1^* \\ (|\alpha|^2 + |\beta|^2) s_1 + \beta^* n_0 - \alpha n_1^* \end{bmatrix}$$

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 기지국(Base Station :BS)과 중계국(Relay Station : RS)이 유선 또는 전용회선으로 연결되어 있는 분산 안테나 시스템에 관한 것으로, 특히 이동단말(Mobile Station : MS)의 수신 신호 대 간섭과 잡음 비(Signal to Interference plus Noise Ratio : SINR)를 향상시키기 위한 목적으로 시공간 블록 부호화(Space Time Block Coding : STBC) 기술을 활용하여, BS 및 RS에서 궤환 채널을 통해 MS로부터 보고 받은 채널 상태 정보(Channel State Information : CSI)의 신뢰도에 따라 송신 신호에 추가적인 최대 비율 전송(Maximum Ratio Transmission : MRT) 신호 처리를 선택적으로 수행하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 무선 이동통신 기술의 급속한 발전과 함께, 대용량의 정보를 고속으로 송수신하고자 하는 요구 또한 증대되고 있다. 이를 위해 최근 기존의 셀 커버리지(Cell Coverage) 안에 추가적으로 다수 개의 분산 안테나를 설치하여 음영 지역 해소, 송신 전력 감소 및 대역폭 대비 전송 효율 개선을 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히 BS에 광케이블로 연결된 유선 RS를 분산안테나로 활용하는 시스템은 중계 및 제어 신호의 송수신에 추가적인 무선 자원이 요구되지 않아 고 복잡도 고 효율의 자원 할당 및 분산안테나간 협조적 신호 전송에 유리하다는 장점이 있다.

<3> 분산 안테나로 활용되는 BS와 RS들 간의 주파수 재사용 계수가 1인 경우, 각 분산안테나들의 커버리지 경계지역에서는 간섭 신호의 전력이 커지게 되고, 이는 수신 신호 SINR 품질 저하를 가져온다. 이와 같은 커버리지 경계지역에서의 간섭 신호를 완화 또는 제어하기 위한 방안으로 다수의 인접 송신 안테나들이 협조적으로 전송한 신호들을 수신하여 결합하는 방법이 있다. 일반적으로 잘 알려져 있는 신호 결합 기법들은 특정 궤환 채널을 통하여 MS가 추정한 송수신 안테나 간 CSI 값이 BS 및 RS 신호의 처리 과정에서 활용되는지 여부에 따라 개방 루프(Open Loop) 및 폐 루프(Close Loop) 기반의 신호 결합 기술로 분류 된다.

<4> 개방 루프 기반의 신호 결합 기술 중, 복수개의 수신 안테나를 구비한 MS에서 사용 가능한 방법으로 수신 안테나들을 통해 수신된 신호들의 결합 시 SINR이 최대가 되도록 하는 MRC(Maximum Ratio Combining) 방식, 상기

수신 신호들 간 위상을 정합시켜 결합하는 EGC(Equal Gain Combining) 방식 등이 있다. 그러나 기지국에서 다수의 안테나를 구비하는 것에 비해 상대적으로 MS가 다수의 안테나를 구비하는 경우는 그 비용 및 구현 측면에서 어려움이 있다는 단점이 존재한다.

<5> 이러한 개방 루프 기반의 신호 결합 방식과는 달리 특정 궤환 채널을 통해 MS가 추정한 송수신 안테나 간 CSI 값을 BS 및 RS 신호 처리 과정에 활용하는 폐 루프 기반의 신호 결합 방식이 존재하며, 이는 일반적으로 개방 루프 기반의 신호 결합 방식보다 더 높은 수신 신호 품질 향상을 기대할 수 있다. 폐 루프 기반의 신호 결합 방식에는 MRC, EGC 수신 신호 처리 과정과 유사한 BS 및 RS 신호 처리 과정을 수행하는 MRT(Maximum Ratio Transmit) 및 EGT(Equal Gain Transmission) 등이 있다. 상기에서 언급한 개방 루프 기반의 신호 결합 방식과 폐 루프 신호 결합 방식은 그 수신 신호 처리 과정이 서로 상이하기 때문에, 두 가지 방식을 혼용하여 사용할 경우, MS가 서로 독립적인 수신 모듈을 구비해야 한다. 따라서 이는 MS 구현 시 크기 및 비용 측면에서 비효율적이며, 신호 전송 방식과 상이한 수신 모듈을 사용함에 따른 수신 성능의 감소가 야기될 수 있는 단점이 있다.

<6> 한편, 상기의 신호 결합 방식과는 달리 개방 루프 기반의 전송 신호 및 폐 루프 기반의 전송 신호에 대해 동일한 수신 처리 과정을 수행하여, 하나의 안테나를 구비한 MS에서 활용 가능한 신호 결합 방법으로 다수의 인접 송신 안테나로부터 서로 다른 시간 또는 주파수 전송 자원을 통해 수신되는 신호를 선형적으로 결합하여 수신 신호의 SINR 품질을 향상시키는 방법인 개방 루프 기반의 시공간 블록 부호화(Space Time Block Coding : STBC) 방식 및 폐 루프 기반의 시공간 블록 부호화(Space Time Block Coding with maximum ratio Transmission : STBC-T) 방식이 있다.

<7> STBC 방식은 다수의 송신 안테나에서 서로 다른 전송 구간을 사용하여 신호를 전송할 때 송수신 안테나 간 CSI 값이 활용되지 않는 개방 루프 기반의 전송 기법이고, STBC-T 방식은 송수신 안테나 간 CSI 값을 활용하여 BS 및 RS에서 기존의 STBC 신호 처리 과정에서 MRT 신호 처리 과정을 추가로 수행하는 방법이다.

<8> 이러한 STBC 방식과 STBC-T 방식은 BS 및 RS 신호처리 계수와 하향링크가 같다는 가정 하에서 순시(Instantaneous) SINR은 CSI 값을 활용하여 MRT 신호 과정을 추가로 수행하는 STBC-T가 STBC보다 언제나 그 값이 같거나 큰 것으로 알려져 있고, 이러한 이유로 효율성이 좋은 STBC-T 방식을 사용한다. 그러나 실제 시스템에서는 MS의 이동성에 의한 도플러 영향, 채널 궤환 지연을 포함한 여러 가지 요인에 의해 신호처리 계수와 하향링크간 오차가 발생하게 되며, 이는 STBC-T의 성능열화 원인으로 작용하여 실제로는 STBC를 사용한 경우보다 SINR이 더 작게 나와 효율성이 떨어지는 문제점이 발생한다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<9> 본 발명은 유선 RS를 활용한 분산 안테나 시스템을 활용하여, BS 및 RS에서 채널 환경 및 신호 처리 계수의 정확도에 따라 적응적으로 개방 루프 기반 또는 폐 푸르 기반의 분산 안테나간 협조적 신호 전송을 선택하는 방법을 제시하고, 특히, BS 및 RS에서의 신호 전송 방식에 무관하게 항상 같은 수신 신호 처리를 함으로써 그 동작 및 구현의 간결성에 장점이 있는 수신기를 사용하기 위하여 상기 협조적 신호 전송 방법으로 STBC 또는 STBC-T 방식을 고려하는 장치 및 방법을 제공하고자 한다.

과제 해결수단

<10> 본 발명의 일 견지에 따르면, 분산 안테나(Distributed Antenna) 시스템에서 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, 상기 신호 결합 전송이 필요한 경우 채널 신뢰도를 계산하여 계산된 신호를 이동 단말로 전송하고, 상기 신호 결합 전송이 필요하지 않은 경우 해당 송신 안테나를 이용하여 이동 단말로 신호를 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.

<11> 본 발명의 다른 견지에 따르면, 분산 안테나(Distributed Antenna) 시스템에서 신호 처리 장치에 있어서, 채널 신뢰도를 계산하여 이동 단말로 신호를 전송하는 기지국(Base Station) 및 중계국(Relay Station)과, 변조 방식에 상관없이 항상 동일한 복조과정을 수행하는 이동 단말(Mobile Station)을 포함하는 것을 특징으로 한다.

효 과

<12> 본 발명에 의하면, 분산 안테나 시스템에서 기지국 및 중계국간 송신 안테나를 사용한 협조적인 신호 전송시, 채널 궤환 정보의 신뢰도에 따라 BS 및 RS에서 추가적인 신호 처리 기법을 적용하여, 통신 신호의 품질 향상 및 시스템 전송의 용량 증대를 기대할 수 있다. 또한 전송단에서 어떤 신호 결합 기술을 사용하였는지에 관계없이 이동 단말은 항상 같은 복조 과정을 수행함으로, 이동 단말 구현 및 그 동작이 간결해 지는 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 STBC 방식 및 STBC-T 방식 중 효율성이 좋은 STBC-T 방식을 사용하지만, 실제 시스템에서는 MS의 이동성에 의한 도플러 영향, 채널 궤환 지연을 포함한 여러 가지 요인에 의해 신호처리계수와 하향링크 간 오차가 발생하게 되고, 이는 STBC-T의 성능열화 원인으로 작용하여 실제로는 STBC를 사용한 경우보다 SINR이 더 작게 나오는 문제점이 있었다. 따라서 종래 기술에서 언급한 문제를 해결하고자 본 발명에서는 BS 및 RS에서의 채널 환경 및 신호 처리계수의 정확도에 따라 적응적으로 개방 루프 기반 또는 폐 루프 기반의 분산 안테나간 협조적 신호 전송을 선택하는 새로운 방법을 제안한다. 이하 본 발명의 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. 도 1에서는 각 BS별로 6개씩의 유선 RS가 연결되어 있는 분산 안테나 시스템의 구현 예를 도시하고 있다.

<16> 도 1을 살펴보면, 하나의 BS에 6개의 RS들이 유선으로 연결되어 있으며, 주위의 RS들은 또 다른 BS에 연결되어 있다. 각 RS 주위의 원으로 표시된 영역은 각각의 RS가 다른 RS와 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 RS와 RS 간, RS와 MS 간의 가능한 모든 연결 조합을 구성하여 신호를 송수신한다.

<17> 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 신호 결합(Signal Combining)을 활용하여 전송 용량을 높이는 셀룰러 시스템의 개략적인 구성도이다.

<18> 도 2를 살펴보면, 유선 RS를 활용한 분산 안테나 시스템에 상기의 STBC 또는 STBC-T 신호 전송 방식들을 적용시키기 위한 방법으로 도 2의 (a)와 같이, 하나의 안테나가 설치된 BS 및 RS들을 구비한 시스템에서 인접 BS 및 RS의 안테나를 사용하여 협조적으로 운용하는 방법이 있고, 도 2의 (b)와 같이, 다수개의 안테나가 설치된 BS 및 RS들을 구비한 시스템에서 BS 및 RS가 독립적으로 각각의 안테나를 사용하여 운용하거나 협조적으로 인접 BS 및 RS의 안테나를 사용하여 운용하는 방법이 있다. 먼저 도 2의 (a)와 같이, 하나의 송신 안테나가 설치된 BS 및 RS 간 협조적 전송방식을 일 실시 예로 설명한다.

<19> 본 발명에서는 각 BS 및 RS의 커버리지 간 서로 중복된 영역에 존재하는 MS의 수신 신호 품질 향상을 위해 유선 RS 시스템에서 활용 가능한 협조적 전송방안으로, 다수의 인접 송신 안테나로부터 서로 다른 시간 또는 주파수 전송 자원을 통해 수신되는 신호를 선형적으로 결합하여 수신 신호의 SINR 품질을 향상시키는 방법인 STBC 및 STBC-T 신호 전송 방식을 고려한다. 이러한 STBC 및 STBC-T 신호 전송 방식에 대하여 자세하게 살펴보면 하기와 같이 나타낼 수 있다.

<20> 먼저 STBC 방식은 다수의 송신 안테나에서 서로 다른 전송 구간을 사용하여 신호를 전송할 때 송수신 안테나 간 CSI 값이 활용되지 않는 개방 루프 기반의 전송 기법이다. STBC 송신 신호를 구하는 방법을 하기의 수학식에 나타내었다.

수학식 1

$$\mathbf{S} = [\mathbf{s}(t) \quad \mathbf{s}(t+T)] = \begin{bmatrix} s_0 & -s_1^* \\ s_1 & s_0^* \end{bmatrix}$$

<21>

<22> 상기 수학식 1에서 S 매트릭스의 각 행과 열은 서로 다른 안테나 및 서로 다른 전송 구간을 의미한다. 수학식 1의 방식으로 송신된 신호가 하향 링크 채널 h를 통과하여 MS에 수신 될 때, 각 전송 구간 t, t+T별 수신 신호를 구하는 수학식을 나타내면 하기와 같다.

수학식 2

$$\mathbf{r} = \begin{bmatrix} r(t) \\ r(t+T) \end{bmatrix}^{\mathrm{T}} = \begin{bmatrix} r_0 \\ r_1 \end{bmatrix}^{\mathrm{T}} = \mathbf{hS} + \mathbf{n} = \begin{bmatrix} h_0 s_0 + h_1 s_1 + n_0 \\ -h_0 s_1^* + h_1 s_0^* + n_1 \end{bmatrix}^{\mathrm{T}} = \begin{bmatrix} \alpha s_0 + \beta s_1 + n_0 \\ -\alpha s_1^* + \beta s_0^* + n_1 \end{bmatrix}^{\mathrm{T}}$$

<23>

<24> 수학식 2에서 하향 링크 채널 CSI는 $\mathbf{h} = [h_0 \quad h_1]$ 이고 잡음 성분은 $\mathbf{n} = [n_0 \quad n_1]$ 이다. MS에서는 상기 수학식 2의 수신 신호를 활용하여 CSI α, β를 추정하고, 추정된 값을 활용하여 복조과정을 수행하는 수학식을 구성하면 하기와 같다.

수학식 3

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} \alpha^* r_0 + \beta r_1^* \\ \beta^* r_0 - \alpha r_1^* \end{bmatrix}$$
$$= \begin{bmatrix} \alpha^*(\alpha s_0 + \beta s_1 + n_0) + \beta(-\alpha^* s_1 + \beta^* s_0 + n_1^*) \\ \beta^*(\alpha s_0 + \beta s_1 + n_0) - \alpha(-\alpha^* s_1 + \beta^* s_0 + n_1^*) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (|\alpha|^2 + |\beta|^2) s_0 + \alpha^* n_0 + \beta n_1^* \\ (|\alpha|^2 + |\beta|^2) s_1 + \beta^* n_0 - \alpha n_1^* \end{bmatrix}$$

<25>

<26> MS에서 상기 STBC 복조 과정을 거친 신호의 SINR을 하기의 수학식 4에 나타내었다.

수학식 4

$$SINR_{\mathrm{STBC}} = \frac{|\alpha|^2 + |\beta|^2}{\sigma_N^2 + \sigma_I^2} = \frac{|h_0|^2 + |h_1|^2}{\sigma_N^2 + \sigma_I^2}$$

<27>

<28> 상기 수학식 4에서 σ_N^2, σ_I^2 은 각각 잡음 신호 및 간섭 신호의 평균 전력을 의미한다. 상기에서 설명된 바와 같이 신호 결합은 특히 셀 간 경계 지역에서 주로 요구된다. 이때, 각 송수신 안테나 간 채널의 평균전력이 σ_h^2 으로 동일한 경우 상기 수학식 4는 하기의 수학식 5로 정리될 수 있다.

수학식 5

$$SINR_{\mathrm{STBC}} = \frac{|h_0|^2 / \sigma_h^2 + |h_1|^2 / \sigma_h^2}{\sigma^2}$$

<29>

<30> 상기 수학식 5에서 σ^2 은 잡음 신호 및 간섭 신호 전력의 합을 채널 평균 전력으로 정규화 한 값으로 정의된다. 수학식 5를 이용하여 STBC 방식을 BS 및 RS 신호 전송에 사용할 경우 평균 대역폭 효율을 결정하면 하기의 수학식 6과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 6

$$\eta_{\mathrm{STBC}} = \mathrm{E}[\log_2(1 + SINR_{\mathrm{STBC}})]$$

<31>

<32> 다음으로, STBC-T방식은 송수신 안테나 간 CSI 값을 활용하여 BS 및 RS에서 기존의 STBC 신호 처리 과정에 MRT 신호 처리 과정을 추가로 수행하는 방법을 통해 상기의 STBC보다 더욱 향상된 수신 신호 품질을 얻을 수 있는

폐 루프 기반의 신호 전송 방법이다. STBC-T 송신 신호를 구하는 방법을 하기의 수학식에 나타내었다.

수학식 7

$$\tilde{\mathbf{S}} = \left[\tilde{s}(t) \quad \tilde{s}(t+T)\right] = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{|w_0|^2 + |w_1|^2}} \begin{bmatrix} w_0^* & 0 \\ 0 & w_1^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_0 & -s_1^* \\ s_1 & s_0^* \end{bmatrix}$$

<33>

<34> 상기 수학식 7에서 w_0, w_1 은 폐 루프를 통해 MS로부터 보고받은 송수신 안테나간 CSI h_0, h_1을 의미한다. 상기 수학식 7을 통하여 송신된 신호가 하향 링크 채널 h를 통과하여 MS에 수신되고, 각 전송 구간 t, t+T별 수신 신호를 구하는 수학식을 하기에 나타내었다.

수학식 8

$$\tilde{\mathbf{r}} = \begin{bmatrix} \tilde{r}(t) \\ \tilde{r}(t+T) \end{bmatrix}^{\mathrm{T}} = \begin{bmatrix} \tilde{r}_0 \\ \tilde{r}_1 \end{bmatrix}^{\mathrm{T}} = \mathbf{h}\tilde{\mathbf{S}} + \mathbf{n} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{|w_0|^2 + |w_1|^2}} \begin{bmatrix} h_0 w_0^* s_0 + h_1 w_1^* s_1 + n_0 \\ -h_0 w_0^* s_1^* + h_1 w_1^* s_0^* + n_1 \end{bmatrix}^{\mathrm{T}} = \begin{bmatrix} \tilde{\alpha} s_0 + \tilde{\beta} s_1 + n_0 \\ -\tilde{\alpha} s_1^* + \tilde{\beta} s_0^* + n_1 \end{bmatrix}^{\mathrm{T}}$$

<35>

<36> 상기 수학식 8에서 는 수학식 3에서 α, β에 해당하는 성분이며, 수학식 3과 같은 복조과정을 수행하는 점에서는 STBC 및 STBC-T의 수신신호 처리 과정이 동일함을 알 수 있다. 따라서 MS에서는 BS 및 RS 신호처리 방법에 무관하게 언제나 수학식 3과 같은 복조과정을 수행한다.

<37> MS에서 수학식 8의 STBC-T 복조 과정을 거친 신호의 SINR을 하기의 수학식에 나타내었다.

수학식 9

$$SINR_{\mathrm{STBC-T}} = \frac{|\tilde{\alpha}|^2 + |\tilde{\beta}|^2}{\sigma_N^2 + \sigma_I^2} = \frac{2\left(|h_0 w_0^*|^2 + |h_1 w_1^*|^2\right)/\sigma_h^2}{\sigma^2\left(|w_0|^2 + |w_1|^2\right)}$$

<38>

<39> 상기 수학식 9를 이용하여 STBC-T 전송방식에 대한 평균 대역폭 효율을 하기의 수학식과 같이 정의할 수 있다.

수학식 10

$$\eta_{\mathrm{STBC-T}} = \mathrm{E}\left[\log_2(1 + SINR_{\mathrm{STBC-T}})\right]$$

<40>

<41> 상기에서 자세하게 설명된 STBC 및 STBC-T 신호 전송 방식을 이용하여 상기 하향링크 h_0, h_1과 신호처리 계수 w_0, w_1 간 상호상관과 궤환 채널을 통한 CSI값의 신뢰도를 측정하는 파라미터를 정의하고 수학식으로 나타내면 다음과 같다.

수학식 11

$$\rho_i = \frac{\mathrm{E}[h_i w_i^*]}{\sigma_h \sigma_w}$$

<42>

<43> 본 발명에서 제시하는 STBC와 STBC-T 간 전환조건의 결정을 위해 σ^2 과 ρ 를 파라미터로 하여, $h_i w_i$를 랜덤하게 생성하는 Monte-Carlo 시뮬레이션을 수행한다. 상기 파라미터 값에 따른 시뮬레이션을 통해 STBC 및 STBC-T의 SINR인 수학식 5와 수학식 7을 계산하고, 이를 통해 수학식 6과 수학식 10을 계산한다.

<44> 상기 수학식 6과 수학식 10의 계산 값을 활용하여 하기와 같은 STBC와 TSBC-T 신호 전송 방식 간의 전환 조건을 나타낼 수 있다.

수학식 12

<45>
$$\begin{cases} \text{STBC} \quad \text{Transmission} & \text{if } \eta_{\text{STBC}} > \eta_{\text{STBC-T}} \\ \text{STBC-T Transmission} & \text{if } \eta_{\text{STBC}} < \eta_{\text{STBC-T}} \end{cases}$$

<46> 상기 수학식 12를 활용하여 -20dB부터 20dB 범위의 σ^2 과 0부터 1범위의 ρ 값의 조합에 따라 STBC 신호 전송 방식이 더 우수한 성능을 나타내는 영역(STBC region) 및 STBC-T 신호 전송 방식이 더 우수한 성능을 나타내는 영역(STBC-T region)을 도 3에 도시하였다.

<47> 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전송 방식의 효율성에 따라 STBC 영역과 STBC-T 영역으로 나누어 도시된 그래프이다. 도 3에서 계산된 값의 조합이 어디에 속해 있는지에 따라서 STBC 또는 STBC-T를 선택적으로 사용할 수 있다. 도 3에서는 각 BS 및 RS들의 커버리지 간 서로 중복된 영역에 존재하는 MS를 대상으로 하여 본 발명에서 제안하는 시공간 블록 부호화 기술을 활용한 분산 안테나 시스템의 채널 궤환 정보의 신뢰도에 따른 협조적 전송 방안을 적용하고, 시뮬레이션을 통한 평균 대역폭 효율을 통계적 그래프로 도출하여 성능 분석에 활용한다.

<48> 도 3을 살펴보면, 시뮬레이션을 위해 잡음 신호 및 간섭 신호 전력의 합을 두 인접 BS 또는 RS의 송신안테나와 MS의 수신 안테나간 평균 전력으로 정규화한 값 σ^2 이 -2dB인 상황을 가정하고, 수학식 11에서 정의한 CSI 신뢰도 ρ 를 0부터 1사이의 구간에서 균등 분포를 갖는 확률 변수로 발생시킨다. 수학식 12에 의해서 STBC 및 STBC-T 기법 간의 스위칭 포인트는 도 3에서 확인할 수 있는 바와 같이, ρ 가 0.4인 값으로 결정된다.

<49> 특히 본 발명에서 제안하는 MS는 하나의 수신 안테나를 사용하여 상기 두 가지 시공간 블록 부호화 기법중 어느 방법을 사용하여 신호전송에 사용하였는가에 무관하게 항상 수학식 3의 복조과정을 수행한다. 따라서 송신 신호의 처리 방법의 개수만큼 MS에 독립적인 수신동작을 수행하는 하드웨어를 구비할 필요가 없기 때문에 크기 및 가격에서 MS 구현에 장점이 있으며, BS 및 RS 신호처리 방법의 변화에 따라 서로 다른 수신 모듈을 동작시켜야 하는 과정에서 발생하는 시간 지연 및 수신 모듈 오용에 의한 수신 성능 열화도 방지 할 수 있다.

<50> 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 BS 및 RS에서 MS로 신호 전송의 과정을 타나낸 흐름도이다.

<51> 도 4를 살펴보면, 먼저 401단계에서 궤환체널을 통하여 MS로부터 σ^2, h_i, h_j 값을 보고 받는다. 403단계에서 보고 받은 값들을 토대로 신호결합 전송이 필요한지를 선택한 후에 신호결합이 필요하다면 409단계로, 신호결합이 필요하지 않다면 405단계로 진행한다. 먼저 신호결합이 필요하지 않는 경우를 살펴보면, 405단계에서 k번째 송신 안테나를 찾는 수학식을 이용하여 k번째 송신 안테나를 찾은 뒤에 407단계에서 인접 BS 및 RS와의 협조적 전송 없이 k번째 송신 안테나만을 사용하여 신호를 전송하게 된다.

<52> 다음으로 신호결합이 필요한 경우를 살펴보면, 409단계에서 채널 신뢰도 ρ 를 수학식 11을 사용하여 계산한다. 계산된 채널 신뢰도 ρ 와, σ^2 를 이용하여 두 값이 STBC 영역에 속하는지 STBC-T 영역에 속하는지를 도 3을 참조하여 판단한다. 만약 STBC 영역에 포함된다면, 413단계로 진행하여 i, j번째 송신 안테나를 사용하여 STBC 신호를 전송하고, STBC-T 영역에 포함된다면, 415단계로 진행하여 i, j번째 송신 안테나를 사용하여 STBC-T 신호를 전송한다.

<53> 417단계에서 신호결합 전송이 필요한 경우 계산된 신호 값과, 신호결합 전송이 필요하지 않은 경우 계산된 신호 값을 토대로 추가 전송이 필요한지 여부를 확인하고, 만약 추가 전송이 필요하다면 401단계로 다시 돌아가 흐름도를 처음부터 수행하게 되고, 추가 전송 필요하지 않다면, 송신단 신호전송을 종료하게 된다.

<54> 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 각 신호 전송 기법들의 평균 대역폭 효율을 나타낸 그래프이다. 도 5는 인접 BS 및 RS와의 협조적 전송 없이 항상 하나의 안테나를 사용하여 신호를 전송하는 경우, 인접 BS 및 RS와의 협조를 통해 항상 수학식 1과 같은 STBC 신호 전송을 하는 경우, 수학식 8과 같은 STBC-T 신호 전송을 하는 경우 및 본 발명에서 제안하는 알고리즘을 설명하고 있는 도 4에 의해 최적의 신호 전송 기법을 선택하는 경우에 대하여 각각의 평균 대역폭 효율 CDF(Cumulative Distribution Function) 그래프로 나타내고 있다.

<55> 도 5를 살펴보면, 상기 CDF의 50% 확률 지점에서 상기의 신호 전송 기법들의 성능을 분석한 결과 하나의 안테나를 사용하여 신호를 전송하는 경우의 평균 대역폭 효율 대비 STBC only, STBC-T only, Proposed Algorithm은

각각 30.77%, 33. 56%, 40.56%의 평균 대역폭 효율의 이득을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

<56> 도 2의 (b)의 경우를 살펴보면, 각 BS 또는 RS에 M개의 송신 안테나가 설치된 경우, STBC 및 STBC-T 송신방법에 대하여 하기와 같이 나타내었다.

<57> 각 BS 또는 RS에 2개 이상의 송신 안테나가 설치된 경우, STBC 신호 전송은 2M개의 행을 가지는 매트릭스로 표현된다. 본 발명에서는 M=2인 경우(각 BS 또는 RS에 2개씩 송신 안테나가 구비되어 있는 시스템)을 일 실시 예로 하여 하기의 수학식으로 표현하였다.

수학식 13

$$\mathbf{S}=\begin{bmatrix}\mathbf{s}(t) & \mathbf{s}(t+T) & \mathbf{s}(t+2T) & \mathbf{s}(t+3T)\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}s_0 & -s_1 & -s_2 & -s_3\\ s_1 & s_0 & s_3 & -s_2\\ s_2 & -s_3 & s_0 & s_1\\ s_3 & s_2 & -s_1 & s_0\end{bmatrix}$$

<58>

<59> 상기 수학식 13에서 M=2일 경우, 4행을 가지는 매트릭스로 표현되며, 수학식 1과 같이 S 매트릭스의 각 행과 열은 서로 다른 안테나 및 서로 다른 전송 구간을 의미한다.

<60> STBC-T 신호 전송 또한 각 BS 또는 RS에 2개 이상의 송신 안테나가 설치된 경우와 M=2인 경우를 가정하여 일 실시 예로 하기의 수학식에 나타내었다.

수학식 14

$$\tilde{\mathbf{S}}=\begin{bmatrix}\tilde{\mathbf{s}}(t) & \tilde{\mathbf{s}}(t+T) & \tilde{\mathbf{s}}(t+2T) & \tilde{\mathbf{s}}(t+3T)\end{bmatrix}=\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{|w_0|^2+|w_1|^2+|w_2|^2+|w_3|^2}}\begin{bmatrix}w_0^* & 0 & 0 & 0\\ 0 & w_1^* & 0 & 0\\ 0 & 0 & w_2^* & 0\\ 0 & 0 & 0 & w_3^*\end{bmatrix}\begin{bmatrix}s_0 & -s_1 & -s_2 & -s_3\\ s_1 & s_0 & s_3 & -s_2\\ s_2 & -s_3 & s_0 & s_1\\ s_3 & s_2 & -s_1 & s_0\end{bmatrix}$$

<61>

<62> 수학식 14 또한 수학식 7과 그 기능은 동일하다.

<63> 이와 같이 BS 또는 RS에 다수개의 안테나가 설치된 경우, 확장 적용이 가능하여 하나의 송신 안테나가 설치된 경우와 같이 적용 할 수 있다.

<64> 상기와 같이 본 발명의 일 실시 예에 따른 분산 안테나 시스템에서 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

<65> 도 1은 본 발명이 적용되는 분산 안테나(Distributed Antenna)를 활용한 셀룰러 시스템의 개략적인 일 예시 구성도

<66> 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 하나 또는 둘 이상의 안테나를 활용하는 셀룰러 시스템의 개략적인 구성도

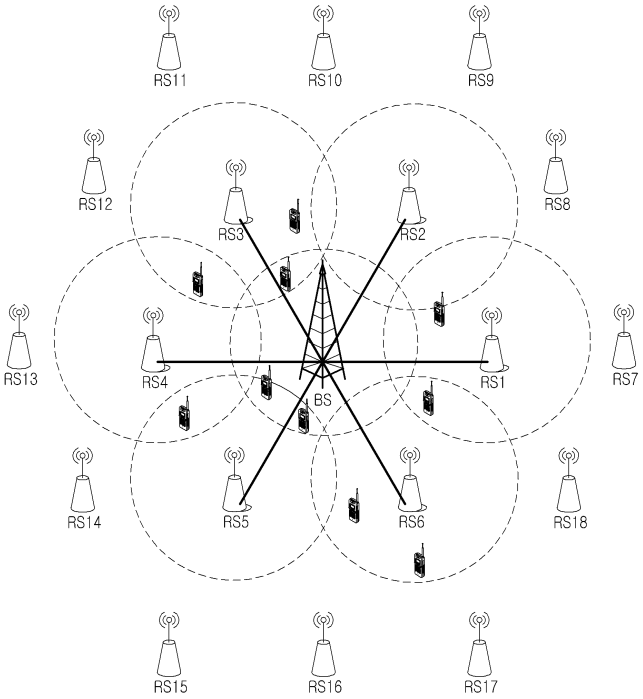
<67> 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전송 방식의 효율성에 따라 STBC 영역과 STBC-T 영역으로 나누어진 그래프

<68> 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 기지국 및 중계국에서 이동 단말로 신호 전송의 과정을 타나낸 흐름도

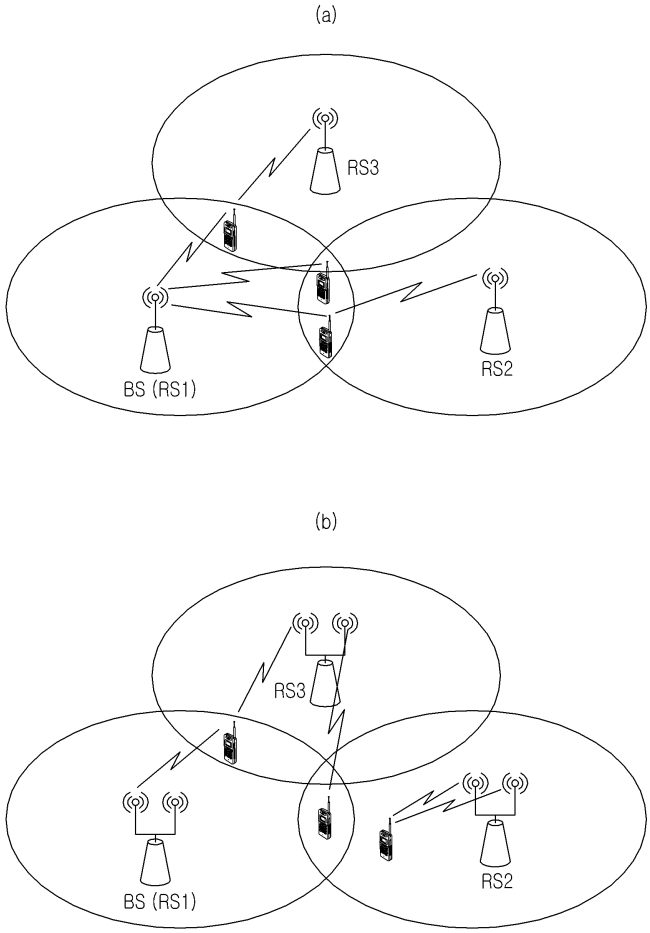
<69> 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 각 신호 전송 기법들의 평균 대역폭 효율을 나타낸 그래프

도면

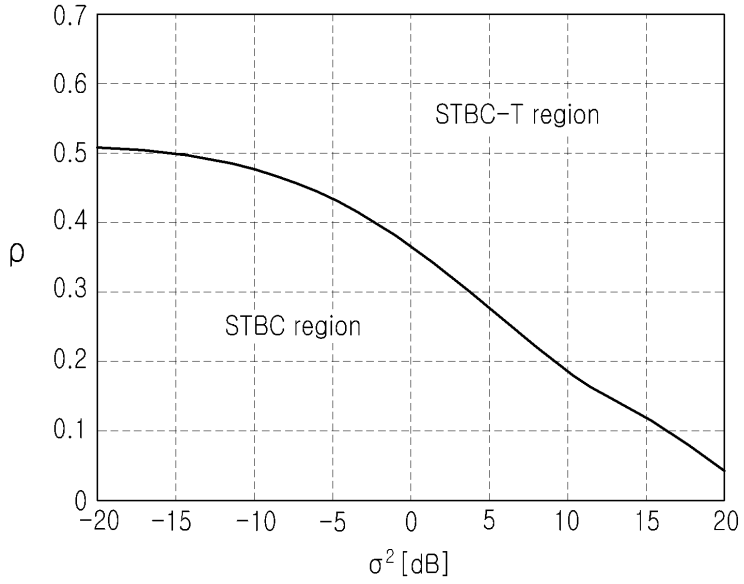
도면1


RS11
RS10
RS9
RS12
RS8
RS3
RS2
RS13
RS4
RS1
RS7
BS
RS14
RS5
RS6
RS18
RS15
RS16
RS17

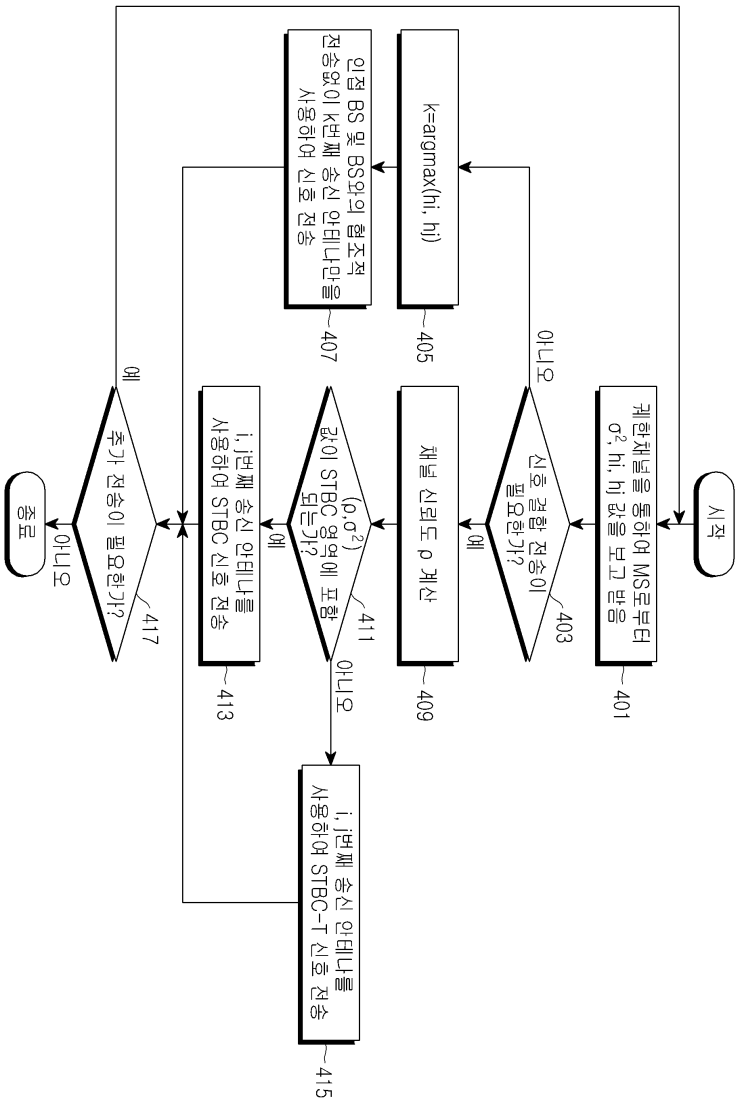
도면2


(a)
RS3
BS (RS1)
RS2
(b)
RS3
BS (RS1)
RS2

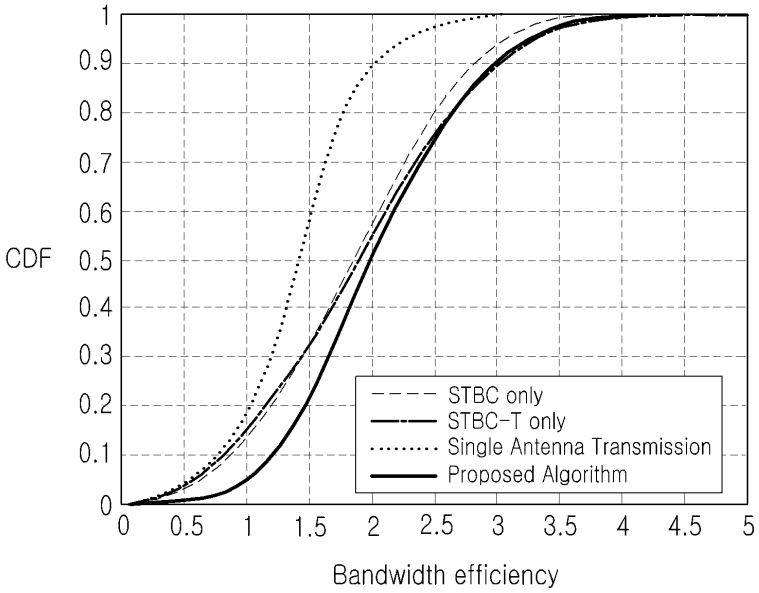
도면3


0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
ρ
STBC-T region
STBC region
−20
−15
−10
−5
0
5
10
15
20
σ² [dB]

도면4


시작
401
계한채널을 통하여 MS로부터 σ², hi, hj 값을 보고 받음
403
신호 결합 전송이 필요한가?
아니오
예
405
k=argmax(hi, hj)
407
인접 BS 및 BS와의 협조적 전송없이 k번째 송신 안테나만을 사용하여 신호 전송
409
채널 신뢰도 ρ 계산
411
(ρ,σ²) 값이 STBC 영역에 포함되는가?
아니오
예
413
i, j번째 송신 안테나를 사용하여 STBC 신호 전송
415
i, j번째 송신 안테나를 사용하여 STBC-T 신호 전송
417
추가 전송이 필요한가?
아니오
예
종료

도면5


CDF
Bandwidth efficiency
STBC only
STBC-T only
Single Antenna Transmission
Proposed Algorithm
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
5