(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0106219
(43) 공개일자 2011년09월28일

(51) Int. Cl.
H04B 7/14 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0066871
(22) 출원일자 2010년07월12일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
61/315,975 2010년03월21일 미국(US)

(71) 출원인
엘지전자 주식회사
서울특별시 영등포구 여의도동 20번지
인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교
(72) 발명자
서한별
경기도 안양시 동안구 호계동 533번지 LG 제1연구단지
박대영
경기도 안양시 동안구 호계동 533번지 LG 제1연구단지
김병훈
경기도 안양시 동안구 호계동 533번지 LG 제1연구단지
(74) 대리인
박영복, 김용인

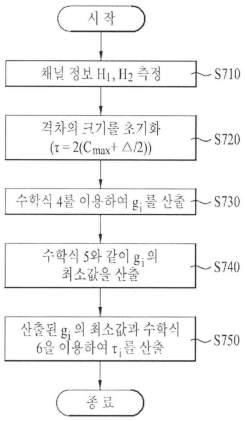
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 무선 네트워크에서 신호의 중계 방법 및 장치

(57) 요 약

무선 네트워크에서 양방향 통신을 수행하기 위한 제어 방법 및 그 장치가 개시된다. 중계기는 복수의 노드로부터 동시에 수신한 신호에 기초하여 상기 각 노드의 채널 정보를 나타내는 채널 행렬을 측정하고, 상기 수신한 신호의 격자 크기를 사전에 정의된 규칙에 따라 초기화하는 제 1 기본격자 크기값을 계산할 수 있다. 그리고, 중계기는 상기 각 노드의 채널 행렬 및 상기 초기화된 제 1 격자 크기값을 이용하여 상기 각 노드로부터 동시에 수신한 신호의 크기를 정규화하는 제 1 정규화 인수값과 상기 제 1 정규화 인수값의 최소값에 해당하는 정규화 최소 인수값을 상기 각 노드 별로 계산한다. 그 후, 상기 각 노드 별로 계산된 제 1 정규화 인수값, 상기 정규화 최소 인수값 및 상기 초기화된 제 1 격자 크기값을 이용하여 상기 각 노드 별로 제 2 격자 크기값을 계산한다. 그리고, 중계기는 상기 제 2 격자 크기값 및 상기 각 노드의 채널 행렬을 이용하여 제 2 정규화 인수값을 계산한다. 그리고, 중계기는 계산된 새로운 격자 크기값 및 새로운 정규화 인수값을 각 노드로 전송한다.

대 표 도 - 도7



특허청구의 범위

청구항 1

이동통신 시스템에서 복수의 노드로부터 동시에 수신한 신호를 중계하는 방법에 있어서,

상기 복수의 노드로부터 신호를 동시에 수신하는 단계;

상기 복수의 각 노드로부터 동시에 수신한 신호에 기초하여 상기 각 노드가 안테나 별로 전송할 신호의 격자(lattice) 크기값 및 상기 각 노드가 전송할 신호의 크기를 정규화(normalize)하는 정규화 인수값 계산하는 단계; 및

상기 산출된 격자 크기값 및 정규화 인수값을 상기 각 노드로 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 신호의 중계 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 격자 크기 및 정규화 인수값을 계산하는 단계는,

상기 신호의 격자(lattice) 크기를 사전에 정의된 규칙에 따라 초기화된 제 1 기본격자 크기값을 계산하는 단계;

상기 각 노드의 채널 정보 및 상기 제 1 기본 격자 크기값을 이용하여 상기 각 노드로부터 동시에 수신한 신호의 크기를 정규화하는 제 1 정규화 인수값과 상기 제 1 정규화 인수값의 최소값에 해당하는 정규화 최소 인수값을 상기 각 노드 별로 계산하는 단계;

상기 각 노드 별로 계산된 제 1 정규화 인수값, 상기 정규화 최소 인수값 및 상기 제 1 기본 격자 크기값을 이용하여 상기 각 노드 별로 제 2 격자 크기값을 계산하는 단계; 및

상기 제 2 격자 크기값 및 상기 각 노드의 채널 정보를 이용하여 제 2 정규화 인수값을 계산하는 단계를 더 포함하며,

상기 각 노드로 전송하는 격자 크기값 및 정규화 인수값은 각각 상기 제 2 격자 크기값 및 상기 제 2 정규화 인수값인 것을 특징으로 하는 신호의 중계 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 초기화된 제 1 기본격자 크기값을 계산하는 단계에서, 상기 사전에 설정된 규칙에 따라 제 1 기본 격자 크기값은 다음 수학식 A에 계산되는 것을 특징으로 하는 신호의 중계 방법:

[수학식 A]

$$\tau = 2(c_{max} + \Delta/2)$$

여기서, c_{max}는 신호 콘스틸레이션(signal constellation)에서 최대 좌표의 값을 나타내고, Δ는 인접 신호간의 최소거리를 나타낸다.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 제 1 정규화 인수값 계산 단계에서, 상기 정규화 인수값은 다음 수학식 B에 계산되는 것을 특징으로 하는 중계기의 양방향 통신 수행을 위한 제어 방법:

[수학식 B]

$$g_i = E\left[\left|\mathbf{H}_i^*\left(\mathbf{H}_i\mathbf{H}_i^* + \alpha\mathbf{I}\right)^{-1}(\mathbf{s}_i + \tau_i\ell_i)\right|^2\right]$$

여기서, E는 평균을 의미하고, * 기호는 허미션(hermitian) 을 나타내며, α는 상수이며, H_i 는 상기 각 노드의 채널 정보인 채널 행렬, α는 상수, I는 항등 행렬(identity matrix), $\mathbf{s}_i$는 상기 각 노드 i가 채널 코딩 후 변조하여 전송하고자 하는 신호, τ_i 는 상기 각 노드 별로 초기화된 기본 격자 크기값, 벡터 ℓ_i는 각 노드가 각 안테나 별로 전송하는 신호의 전송 전력을 최소로 만드는 격자를 나타낸다.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 계산된 제 2 기본 격자 크기값은 다음 수학식 C 에 계산되는 것을 특징으로 하는 신호의 중계 방법:

[수학식 C]

$$\tau_i = \tau\sqrt{g_i / g_{\min}}$$

여기서, τ는 상기 초기화된 제 1 기본 격자 크기값, g_i는 상기 각 노드로부터 수신신호 $\mathbf{X}_i$의 크기를 정규화(normalize)하는 인수(factor)로서, 각 노드 i에서의 송신 전력의 평균을 의미하고, g_{min}은 g_i 값의 최소값을 나타낸다.

청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 각 노드로부터 동시에 수신한 신호는 다음 수학식 D 와 같이 표현되는 것을 특징으로 하는 중계기의 양방향 통신 수행을 위한 제어 방법:

[수학식 D]

$$\mathbf{x}_i = \mathbf{H}_i^*\left(\mathbf{H}_i\mathbf{H}_i^* + \alpha\mathbf{I}\right)^{-1}(\mathbf{s}_i + \tau_i\ell_i)/\sqrt{g_i}$$

여기서, α는 상수, H_i 는 각 노드 i 의 채널 정보인 채널 행렬, I는 항등 행렬(identity matrix), * 기호는 허미션(hermitian)을 나타내고, g_i는 전송 신호 $\mathbf{x}_i$의 크기를 정규화(normalize)하는 인수(factor), τ_i는 격자의 크기를 결정하는 스케일링 인자(scaling factor), ℓ_i 는 각 노드에서 각 안테나 별로 전송되는 신호의 격자를 나타낸다.

청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 벡터 ℓ_i는 다음 수학식 E 와 같이 표현되는 것을 특징으로 하는 신호의 중계 방법:

[수학식 E]

$$\ell_i = \arg\min_{\ell_i' \in \Lambda}\left|\mathbf{H}_i^*\left(\mathbf{H}_i\mathbf{H}_i^* + \alpha\mathbf{I}\right)^{-1}(\mathbf{s}_i + \tau_i\ell_i')\right|^2$$

청구항 8

이동통신 시스템에서 노드가 신호를 전송하는 방법에 있어서,

중계기로부터 각 안테나 별로 전송할 신호의 격자 크기값 및 상기 노드가 전송할 신호의 크기를 정규화하는 정

규화 인수값을 수신하는 단계;

채널 코딩된 신호에 상기 수신한 격자 크기값 및 정규화 인수값을 이용하여 프리코딩(procoding)을 수행하는 단계; 및

상기 프리코딩된 신호를 각 안테나를 통해 상기 중계기로 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 노드의 신호 전송 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 프리코딩은 다음 수학식 F 에 같이 적용되는 것을 특징으로 하는 신호 전송 방법:

[수학식 F]

$$\mathbf{x}_i = \mathbf{H}_i^* \left(\mathbf{H}_i \mathbf{H}_i^* + \alpha \mathbf{I} \right)^{-1} (\mathbf{s}_i + \tau_i \ell_i) / \sqrt{g_i}$$

여기서, $\mathbf{x}_i$는 상기 중계기로 전송되는 신호이며, H_i 는 각 노드 i의 채널 정보인 채널 행렬, * 기호는 허미션(hermitian)을 나타내고, α는 상수, I는 항등 행렬(identity matrix), g_i는 정규화(normalize)하는 인자(factor), τ_i는 신호의 격자 크기, ℓ_i는각 노드가 안테나 별로 전송하는 신호의 전송 전력을 최소로 만드는 격자를 나타낸다.

청구항 10

이동통신 시스템에서 복수의 노드로부터 동시에 수신한 신호를 중계하는 방법에 있어서,

상기 복수의 노드로부터 동시에 신호를 수신하는 수신 모듈;

상기 복수의 각 노드로부터 동시에 수신한 신호에 기초하여 상기 각 노드가 안테나 별로 전송할 신호의 격자(lattice) 크기값 및 상기 각 노드가 전송할 신호의 크기를 정규화(normalize)하는 정규화 인수값 계산하는 프로세서; 및

상기 산출된 격자 크기값 및 정규화 인수값을 상기 각 노드로 전송하는 전송 모듈을 포함하는 것을 특징으로 하는 중계기 장치.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 신호의 격자(lattice) 크기를 사전에 정의된 규칙에 따라 초기화된 제 1 기본격자 크기값을 계산하는 제 1 프로세서;

상기 각 노드의 채널 정보 및 상기 제 1 기본 격자 크기값을 이용하여 상기 각 노드로부터 동시에 수신한 신호의 크기를 정규화하는 제 1 정규화 인수값과 상기 제 1 정규화 인수값의 최소값에 해당하는 정규화 최소 인수값을 상기 각 노드 별로 계산하는 제 2 프로세서;

상기 각 노드 별로 계산된 제 1 정규화 인수값, 상기 정규화 최소 인수값 및 상기 제 1 기본 격자 크기값을 이용하여 상기 각 노드 별로 제 2 격자 크기값을 계산하는 제 3 프로세서; 및

상기 제 2 격자 크기값 및 상기 각 노드의 채널 정보를 이용하여 제 2 정규화 인수값을 계산하는 제 4 프로세서를 더 포함하며,

상기 전송 모듈이 상기 각 노드로 전송하는 격자 크기값 및 정규화 인수값은 각각 상기 제 2 격자 크기값 및 상기 제 2 정규화 인수값인 것을 특징으로 하는 중계기 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 제 1 프로세서는 상기 사전에 설정된 규칙에 따라 초기화된 제 1 격자 크기값을 다음 수학식 A를 이용하여 계산하는 것을 특징으로 하는 중계기 장치:

[수학식 A]

$$\tau = 2(c_{\max} + \Delta/2)$$

여기서, c_{max}는 신호 콘스틸레이션(signal constellation)에서 최대 좌표의 값을 나타내고, Δ는 인접 신호간의 최소거리를 나타낸다.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 제 2 프로세서는 상기 제 1 정규화 인수값을 다음 수학식 B를 이용하여 계산하는 것을 특징으로 하는 중계기 장치:

[수학식 B]

$$g_i = E\left[\left|\mathbf{H}_i^*\left(\mathbf{H}_i\mathbf{H}_i^* + \alpha\mathbf{I}\right)^{-1}(\mathbf{s}_i + \tau_i\ell_i)\right|^2\right]$$

여기서, E는 평균을 의미하고, * 기호는 허미션(hermitian) 을 나타내며, α는 상수이며, H_i 는 상기 각 노드의 채널 정보인 채널 행렬, α는 상수, I는 항등 행렬(identity matrix), $\mathbf{s}_i$는 상기 각 노드 i가 채널 코딩 후 변조하여 전송하고자 하는 신호, τ_i 는 상기 각 노드 별로 초기화된 기본 격자 크기값, 벡터 ℓ_i는 각 노드가 각 안테나 별로 전송하는 신호의 전송 전력을 최소로 만드는 격자를 나타낸다.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 제 3 프로세서는 상기 계산된 제 2 기본 격자 크기값을 다음 수학식 C 를 이용하여 계산하는 것을 특징으로 하는 중계기 장치:

[수학식 C]

$$\tau_i = \tau\sqrt{g_i / g_{\min}}$$

여기서, τ는 초기화된 제 1 기본 격자 크기값, g_i는 상기 각 노드로부터 수신신호 $\mathbf{x}_i$의 크기를 정규화(normalize)하는 인자(factor)로서, 각 노드 i에서의 송신 전력의 평균을 의미하고, g_{min}은 g_i 값의 최소값을 나타낸다.

청구항 15

제 12 항에 있어서,

상기 수신 모듈이 상기 각 노드로부터 동시에 수신한 신호는 다음 수학식 D 와 같이 표현되는 것을 특징으로 하는 중계기 장치:

[수학식 D]

$$\mathbf{x}_i = \mathbf{H}_i^*\left(\mathbf{H}_i\mathbf{H}_i^* + \alpha\mathbf{I}\right)^{-1}(\mathbf{s}_i + \tau_i\ell_i)/\sqrt{g_i}$$

여기서, α는 상수, H_i 는 각 노드 i 의 채널 정보인 채널 행렬, I는 항등 행렬(identity matrix), * 기호는 허미션(hermitian)을 나타내고, g_i는 전송 신호 $\mathbf{x}_i$의 크기를 정규화(normalize)하는 인자(factor), τ_i는 격자의 크기를 결정하는 스케일링 인자(scaling factor), ℓ_i 는 각 노드에서 각 안테나 별로 전송되는 신호의 격자를

나타낸다.

청구항 16

제 13 항에 있어서,

상기 벡터 ℓ_i는 다음 수학식 E 와 같이 표현되는 것을 특징으로 하는 중계기 장치:

[수학식 E]

$$\ell_i = \arg\min_{\ell'_i \in \Lambda} \left| \mathbf{H}_i^* \left(\mathbf{H}_i \mathbf{H}_i^* + \alpha \mathbf{I} \right)^{-1} (\mathbf{s}_i + \tau_i \ell'_i) \right|^2$$

청구항 17

이동통신 시스템에서 신호를 전송하는 노드 장치에 있어서,

중계기로부터 각 안테나 별로 전송할 신호의 격자 크기값 및 상기 노드가 전송할 신호의 크기를 정규화하는 정규화 인수값을 수신하는 수신 모듈;

채널 코딩된 신호에 상기 수신한 격자 크기값 및 정규화 인수값을 이용하여 프리코딩(procoding)을 수행하는 프로세서; 및

상기 프리코딩된 신호를 각 안테나를 통해 상기 중계기로 전송하는 전송 모듈을 포함하는 것을 특징으로 하는 노드 장치.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 프로세서는 다음 수학식 F 를 이용하여 프리코딩을 수행하는 것을 특징으로 하는 노드 장치:

[수학식 F]

$$\mathbf{x}_i = \mathbf{H}_i^* \left(\mathbf{H}_i \mathbf{H}_i^* + \alpha \mathbf{I} \right)^{-1} (\mathbf{s}_i + \tau_i \ell_i) / \sqrt{g_i}$$

여기서, $\mathbf{x}_i$는 상기 중계기로 전송되는 신호이며, H_i 는 각 노드 i의 채널 정보인 채널 행렬, * 기호는 허미션(hermitian)을 나타내고, α는 상수, I는 항등 행렬(identity matrix), g_i는 정규화(normalize)하는 인자(factor), τ_i는 신호의 격자 크기, ℓ_i는각 노드가 안테나 별로 전송하는 신호의 전송 전력을 최소로 만드는 격자를 나타낸다.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 이동통신 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 양방향으로 신호를 중계하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 무선 네트워크에서 기지국과 단말 간의 채널 상태가 열악한 경우에는 기지국 및 단말 간에 중계기(RN: Relay Node)를 설치하여 채널 상태가 보다 우수한 무선채널을 단말에게 제공할 수 있다. 또한, 기지국으로부터 채널 상태가 열악한 셀 경계 지역에서 중계기를 도입하여 사용함으로써 보다 고속의 데이터 채널을 제공할 수 있고, 셀 서비스 영역을 확장시킬 수 있다. 이와 같이, 중계기는 무선 통신 시스템에서 전파 음영 지역 해소를 위해 도입된 기술로서 현재 널리 사용되고 있다.

[0003] 과거의 중계 방식이 단순히 신호를 증폭해서 전송하는 리피터(Repeater)의 기능에 국한된 것에 비해 최근에는 보다 지능화된 형태로 발전하고 있다. 더 나아가 중계기 기술은 차세대 이동통신 시스템에서 기지국 증설 비용과 백홀망의 유지비용을 줄이는 동시에, 서비스 커버리지 확대와 데이터 처리율 향상을 위해 반드시 필요한 기

술에 해당한다. 중계기 기술이 점차 발전함에 따라, 종래의 무선 통신 시스템에서 이용하는 중계기를 새로운 무선 통신 시스템에서 지원할 필요가 있다.

[0004] 기존의 중계기는 양방향 통신 서비스를 충분히 지원하는데 한계가 있었다. 그러나 아직까지 중계기가 양방향으로 신호를 동시에 수신하고 동시에 양방향으로 신호를 전송하기 위한 제어 방법 등에 대한 연구가 진행된 바가 없었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제는 중계기의 양방향 통신 수행을 위한 제어 방법을 제공하는 데 있다.

[0006] 본 발명에서 이루고자 하는 다른 기술적 과제는 양방향 통신 수행을 위한 제어 방법을 수행하는 중계기 장치를 제공하는 데 있다.

[0007] 본 발명에서 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는 양방향 중계기가 존재하는 무선 네트워크에서 노드의 신호 전송 방법을 제공하는 데 있다.

[0008] 본 발명에서 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는 양방향 중계기가 존재하는 무선 네트워크에서 신호를 전송하는 노드 장치를 제공하는 데 있다.

[0009] 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 상기 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기의 기술적 과제를 달성하기 위한, 본 발명에 따른 신호의 중계 방법은, 상기 복수의 노드로부터 신호를 동시에 수신하는 단계; 상기 복수의 각 노드로부터 동시에 수신한 신호에 기초하여 상기 각 노드가안테나 별로 전송할 신호의 격자(lattice) 크기값 및 상기 각 노드가 전송할 신호의 크기를 정규화(normalize)하는 정규화 인수값 계산하는 단계; 및 상기 산출된 격자 크기값 및 정규화 인수값을 상기 각 노드로 전송하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 상기 격자 크기 및 정규화 인수값을 계산하는 단계는, 상기 신호의 격자(lattice) 크기를 사전에 정의된 규칙에 따라 초기화된 제 1 기본격자 크기값을 계산하는 단계; 상기 각 노드의 채널 정보 및 상기 제 1 기본 격자 크기값을 이용하여 상기 각 노드로부터 동시에 수신한 신호의 크기를 정규화하는 제 1 정규화 인수값과 상기 제 1 정규화 인수값의 최소값에 해당하는 정규화 최소 인수값을 상기 각 노드 별로 계산하는 단계; 상기 각 노드 별로 계산된 제 1 정규화 인수값, 상기 정규화 최소 인수값 및 상기 제 1 기본 격자 크기값을 이용하여 상기 각 노드 별로 제 2 격자 크기값을 계산하는 단계; 및 상기 제 2 격자 크기값 및 상기 각 노드의 채널 정보를 이용하여 제 2 정규화 인수값을 계산하는 단계를 더 포함하며, 상기 각 노드로 전송하는 격자 크기값 및 정규화 인수값은 각각 상기 제 2 격자 크기값 및 상기 제 2 정규화 인수값이다.

[0012] 상기의 다른 기술적 과제를 달성하기 위한, 본 발명에 따른 중계기 장치는, 상기 복수의 노드로부터 동시에 신호를 수신하는 수신 모듈; 상기 복수의 각 노드로부터 동시에 수신한 신호에 기초하여 상기 각 노드가안테나 별로 전송할 신호의 격자(lattice) 크기값 및 상기 각 노드가 전송할 신호의 크기를 정규화(normalize)하는 정규화 인수값 계산하는 프로세서; 및 상기 산출된 격자 크기값 및 정규화 인수값을 상기 각 노드로 전송하는 전송 모듈을 포함할 수 있다.

[0013] 상기 프로세서는, 상기 신호의 격자(lattice) 크기를 사전에 정의된 규칙에 따라 초기화된 제 1 기본격자 크기값을 계산하는 제 1 프로세서; 상기 각 노드의 채널 정보 및 상기 제 1 기본 격자 크기값을 이용하여 상기 각 노드로부터 동시에 수신한 신호의 크기를 정규화하는 제 1 정규화 인수값과 상기 제 1 정규화 인수값의 최소값에 해당하는 정규화 최소 인수값을 상기 각 노드 별로 계산하는 제 2 프로세서; 상기 각 노드 별로 계산된 제 1 정규화 인수값, 상기 정규화 최소 인수값 및 상기 제 1 기본 격자 크기값을 이용하여 상기 각 노드 별로 제 2 격자 크기값을 계산하는 제 3 프로세서; 및 상기 제 2 격자 크기값 및 상기 각 노드의 채널 정보를 이용하여 제 2 정규화 인수값을 계산하는 제 4 프로세서를 더 포함하며, 상기 전송 모듈이 상기 각 노드로 전송하는 격자 크기값 및 정규화 인수값은 각각 상기 제 2 격자 크기값 및 상기 제 2 정규화 인수값이다.

[0014] 상기의 또 다른 기술적 과제를 달성하기 위한, 무선 네트워크에서 노드가 신호를 전송하는 방법은, 중계기로부터 격자 크기값 및 상기 노드의 전송 신호의 크기를 정규화하는 정규화 인수값을 수신하는 단계; 채널 코딩후 변조된 신호에 상기 수신한 격자 크기값 및 정규화 인수값을 이용하여 프리코딩(procoding)을 적용하는 단계; 및 상기 프리코딩된 신호를 각 안테나를 통해 중계기로 전송하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 상기의 또 다른 기술적 과제를 달성하기 위한, 이동통신 시스템에서 노드가 신호를 전송하는 방법은, 중계기로부터 각 안테나 별로 전송할 신호의 격자 크기값 및 상기 노드가 전송할 신호의 크기를 정규화하는 정규화 인수값을 수신하는 단계; 채널 코딩된 신호에 상기 수신한 격자 크기값 및 정규화 인수값을 이용하여 프리코딩(procoding)을 수행하는 단계; 및 상기 프리코딩된 신호를 각 안테나를 통해 상기 중계기로 전송하는 단계를 포함할 수 있다.

[0016] 상기의 또 다른 기술적 과제를 달성하기 위한, 이동통신 시스템에서 신호를 전송하는 노드 장치는, 중계기로부터 각 안테나 별로 전송할 신호의 격자 크기값 및 상기 노드가 전송할 신호의 크기를 정규화하는 정규화 인수값을 수신하는 수신 모듈; 채널 코딩된 신호에 상기 수신한 격자 크기값 및 정규화 인수값을 이용하여 프리코딩(procoding)을 수행하는 프로세서; 및 상기 프리코딩된 신호를 각 안테나를 통해 상기 중계기로 전송하는 전송 모듈을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에 의하면, 다중 안테나를 사용하는 양방향 무선 중계기 네트워크에서, 중계기는 양 노드로부터 수신한 신호를 한꺼번에 검출하고 이를 다시 각 노드로 전송함으로써 전송 시간을 줄이는 장점이 있다.

[0018] 본 발명에서 얻은 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0019] 본 발명에 관한 이해를 돕기 위해 상세한 설명의 일부로 포함되는, 첨부 도면은 본 발명에 대한 실시예를 제공하고, 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 설명한다.

도 1은 2개의 노드 사이에 중계기가 존재하는 무선 중계기의 네트워크 시스템의 일 예를 나타낸 도면,

도 2 내지 도 4는 각각 무선 네트워크에서의 양방향 중계기의 동작 예를 나타낸 도면,

도 5는 무선 네트워크에서 특정 노드가 사용자 기기인 경우 상향링크 신호를 전송하기 위한 신호 처리 과정을 설명하기 위한 도면,

도 6은 무선 네트워크에서 특정 노드가 기지국인 경우 하향링크 신호를 전송하기 위한 신호 처리 과정을 설명하기 위한 도면,

도 7은 중계기가 각 노드로부터 수신한 신호를 이용하여 τ_i와 g_i를 계산하는 방법의 바람직한 일 실시예의 수행과정을 도시한 흐름도,

도 8은 중계기가 각 노드로부터 수신한 신호를 이용하여 τ_i를 계산하는 방법의 바람직한 일 실시예의 수행과정을 도시한 흐름도,

도 9는 각 노드와 중계기의 안테나가 2개일 때와 3개일 때 시뮬레이션 한 블록 오류율(BER)을 도시한 도면, 그리고,

도 10은 본 발명에 따른 장치(50)의 구성 요소들을 나타내는 다이어그램이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시 형태를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부된 도면과 함께 이하에 개시될 상세한 설명은 본 발명의 예시적인 실시형태를 설명하고자 하는 것이며, 본 발명이 실시될 수 있는 유일한 실시형태를 나타내고자 하는 것이 아니다. 이하의 상세한 설명은 본 발명의 완전한 이해를 제공하기 위해서 구체적 세부사항을 포함한다. 그러나, 당업자는 본 발명이 이러한 구체적 세부사항 없이도 실시될 수 있음을 안다. 예를 들어, 이하의 상세한 설명은 이동통신 시스템이 3GPP LTE 시스템인 경우를 가정하여 구체적으

로 설명하나, 3GPP LTE의 특유한 사항을 제외하고는 다른 임의의 이동통신 시스템에도 적용가능하다.

[0021] 몇몇 경우, 본 발명의 개념이 모호해지는 것을 피하기 위하여 공지의 구조 및 장치는 생략되거나, 각 구조 및 장치의 핵심기능을 중심으로 한 블록도 형식으로 도시될 수 있다. 또한, 본 명세서 전체에서 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 도면 부호를 사용하여 설명한다.

[0022] 아울러, 이하의 설명에 있어서 단말은 UE(User Equipment), MS(Mobile Station), AMS(Advanced Mobile Station) 등 이동 또는 고정형의 사용자단 기기를 통칭하는 것을 가정한다. 또한, 기지국은 Node B, eNode B, Base Station, AP(Access Point) 등 단말과 통신하는 네트워크 단의 임의의 노드를 통칭하는 것을 가정한다.

[0023] 이동 통신 시스템에서 단말(User Equipment)은 기지국으로부터 하향링크(Downlink)를 통해 정보를 수신할 수 있으며, 단말은 또한 상향링크(Uplink)를 통해 정보를 전송할 수 있다. 단말이 전송 또는 수신하는 정보로는 데이터 및 다양한 제어 정보가 있으며, 단말이 전송 또는 수신하는 정보의 종류 용도에 따라 다양한 물리 채널이 존재한다.

[0024] 도 1은 2개의 노드 사이에 중계기가 존재하는 무선 중계기의 네트워크 시스템의 일 예를 나타낸 도면이다.

[0025] 도 1을 참조하면, 무선 네트워크에서 2개의 노드(노드 1(120) 및 노드 2(130)) 사이에 중계기(110)가 존재할 수 있다. 예를 들어, 셀룰라 시스템의 경우에는, 노드 1(120) 및 노드 2(130) 중 하나는 기지국을 나타내고, 다른 하나는 단말이 될 수 있다. 즉, 중계기를 제외한 특정 노드는 단말 또는 기지국이 될 수 있다. 노드 1(120) 및 노드 2(130)는 서로에게 전송할 신호, 데이터를 중계기(110)를 통해서 전송할 수 있다.

[0026] 도 2 내지 도 4는 각각 무선 네트워크에서의 양방향 중계기의 동작 예를 나타낸 도면이다.

[0027] 도 2를 참조하면, 양쪽 노드(노드 1 및 노드 2)가 4단계에 걸쳐서 신호를 전송 및 수신할 수 있다. 구체적으로 살펴보면, 4단계는 노드 1이 중계기(노드 R)로 신호를 송신하는 단계 1과, 중계기가 노드 1로부터 수신한 신호를 노드 2로 전송하는 단계 2와, 중계기가 노드 2로부터 신호를 수신하는 단계 3 및 노드 2로부터 수신한 신호를 노드 1로 전송하는 단계 4로 이루어진다. 이와 같이, 4 단계를 거치는 양방향 중계기는 신호가 간섭을 일으키지 않고 기존의 송수신 방식을 그대로 사용할 수 있다.

[0028] 도 3을 참조하면, 도 2와 달리 중계기는 양쪽 노드(노드 1 및 노드 2)로부터 신호를 2단계에 걸쳐서 받고, 중계기에서 양 노드들로의 전송은 한번에 수행하여, 총 3단계에 걸쳐서 신호를 전송하고 수신할 수 있다. 즉, 중계기는 양쪽 노드에서 수신한 신호를 적절하게 합쳐서 네트워크 코딩(network coding)하여 한번에 양쪽 노드로 전송할 수 있다. 대부분의 무선 네트워크에서는 정보 전달이 라우팅(routing)에 의해 이루어지는데, 라우팅은 각 노드의 입력 링크를 통해 들어오는 정보를 단순히 출력 링크로 전달하는 것이다. 그러나, 네트워크 코딩(network coding)은 네트워크의 노드에서 입력 정보의 전달 및 적절한 결합 등을 포함한다. 그 후, 노드 1(또는 노드 2)은 각각 중계기에서 수신한 신호에서 원래 자신이 보냈던 신호를 제거하여 노드 2(또는 노드 1)에서 전송한 신호를 검출할 수 있다. 이러한 네트워크 코딩은 bitwise XOR (exclusive OR) 연산 등을 통해서 이루어질 수 있다.

[0029] 도 4를 참조하면, 노드 1 및 노드 2에서 각각 중계기로 신호를 동시에 전송할 수 있다. 그러면, 중계기는 노드 1 및 노드 2로부터 동시에 수신한 신호에 대해 네트워크 코딩을 수행하여 각각 노드 1 및 노드 2로 신호를 동시에 전송할 수 있다. 이와 같이, 2단계로 릴레이는 하는 것은 도 2 및 도 3에서와 같이 4단계, 3단계로 하는 것에 비해서 신호를 주고받는데 걸리는 시간이 줄어들게 된다. 이처럼 신호를 주고 받는데 시간이 줄어듬으로써 더 높은 전송률을 달성할 수 있다. 그러나, 중계기에서 신호를 동시에 수신하고 이를 처리하는 과정이 복잡해질 수 있다.

[0030] 기존에는 2단계 양방향 중계기에서 중계기에 장착된 안테나의 수가 각 노드(노드 1 및 노드 2)의 안테나의 수와 같거나 더 큰 경우를 주로 다루었다. 그것은 중간에서 중계기가 양쪽 신호를 모두 검출을 하거나 양쪽 신호가 결합된 신호(예를 들어, XOR 연산을 통해 결합)를 검출할 때 중계기에 장착된 안테나가 많을수록 유리하기 때문이다. 그러나, 셀룰라 이동통신 시스템에서는 기지국에 장착된 안테나가 중계기에 장착된 안테나와 개수가 같거나 오히려 더 많을 것이다. 이하에서는, 기지국의 경우와 같이 한 노드에 장착된 안테나의 개수가 중계기에 장착된 안테나의 개수가 같거나 더 많은 경우에 대해 적용할 전송 방식에 대해 기술할 것이다.

[0031] 도 5는 무선 네트워크에서 특정 노드가 사용자 기기인 경우 상향링크 신호를 전송하기 위한 신호 처리 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0032] 상향링크 신호를 전송하기 위해, 사용자 기기의 스크램블링 모듈(510)은 사용자 기기 특정 스크램블링 신호를

이용하여 전송 신호를 스크램블링할 수 있다. 이와 같이, 스크램블링된 신호는 변조 맵퍼(520)에 입력되어 전송 신호의 종류 및/또는 채널 상태에 따라 BPSK(Binary Phase-Shift Keying), QPSK(Quadrature Phase Shift Keying), 또는 16 QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 방식으로 복소 심볼로 변조된다. 그 후, 변조된 복소 심볼은 변환 프리코더(530)에 의해 처리된 후, 자원 요소 맵퍼(540)에 입력되며, 자원 요소 맵퍼(540)는 복소 심볼을 실제 전송에 이용될 시간-주파수 자원 요소에 맵핑할 수 있다. 이와 같이 처리된 신호는 SC-FDMA 신호 생성기(550)를 거쳐 안테나를 통해 기지국으로 전송될 수 있다.

[0033] 도 6은 무선 네트워크에서 특정 노드가 기지국인 경우 하향링크 신호를 전송하기 위한 신호 처리 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0034] 도 6을 참조하면, 이동통신 시스템의 일 예인 3GPP LTE 시스템에서 기지국은 하향링크로 하나 이상의 코드워드(Code Word)를 전송할 수 있다. 따라서 하나 이상의 코드워드는 각각 도 5의 상향링크에서와 마찬가지로 스크램블링 모듈(601) 및 변조 맵퍼(602)를 통해 복소 심볼로서 처리될 수 있다. 그 후, 복소 심볼은 레이터 맵퍼(603)에 의해 복수의 레이어(Layer)에 맵핑되며, 각 레이어는 프리코딩 모듈(604)에 의해 채널 상태에 따라 선택된 소정 프리코딩 행렬과 곱해져 각 전송 안테나에 할당될 수 있다. 이와 같이 처리된 각 안테나별 전송 신호는 각각 자원 요소 맵퍼(605)에 의해 전송에 이용될 시간-주파수 자원 요소에 맵핑되며, 이후 OFDM 신호 생성기(606)를 거쳐 각 안테나를 통해 전송될 수 있다.

[0035] 본 발명에서는 각 노드에서 벡터 분산(VP: Vector Perturbation) 기법으로 프리코딩(precoding)하여 신호를 전송하는 방식과 제로포싱 더티 페이퍼 코딩(ZF-DPC: Zero-Forcing Dirty Paper Coding) 기법으로 프리코딩하여 신호를 전송하는 방식을 고려할 것이다. 이하에서는 도 1에 도시된 바와 같이 노드 1, 노드 2, 중계기가 존재하는 양방향 중계기 무선 네트워크임을 가정하여 설명한다.

[0036] 노드 1 및 노드 2는 동시에 중계기로 신호를 전송할 수 있다. 이때, 중계기가 노드 1 및 노드 2로부터 동시에 수신한 신호는 다음 수학식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

[0037] $$\mathbf{y}_R = \mathbf{H}_1\sqrt{P}\mathbf{x}_1 + \mathbf{H}_2\sqrt{P}\mathbf{x}_2 + \mathbf{z}_R$$

[0038] 여기서, $\mathbf{H}_1$,$\mathbf{H}_2$ 는 각각 노드 1, 노드 2에서 중계기로의 MIMO(Multi-Input Multi-Output) 채널 계수로서 채널 정보를 나타내고, P는 각 노드의 송신 전력, $\mathbf{z}_R$은 잡음(noise)을 나타낸다.

[0039] 만약, 노드 1 및 노드 2의 각 송신전력을 P_1,P_2로 다르게 하는 경우에는 전력의 차이를 $\mathbf{H}_1$,$\mathbf{H}_2$에 반영되도록 스케일링(scaling)하면 된다.

[0040] 제 1 실시예(vector perturbation (VP) 기법을 적용)

[0041] 본 발명에 따른 제 1 실시예로서, 각 노드가 중계기로 신호를 전송하는 때에 벡터 분산(VP: Vector Perturbation) 기법으로 프리코딩을 적용하는 경우를 설명한다. 여기서, 각 노드 i가 채널 코딩 후 변조하여 전송하고자 하는 신호를 $\mathbf{S}_i$라 하자. 노드 i는 이 $\mathbf{S}_i$ 신호를 이용하여 다음 수학식 2와 같이 프리코딩(precoding)을 적용하여 신호를 중계기 등으로 전송할 수 있다.

수학식 2

[0042] $$\mathbf{x}_i = \mathbf{H}_i^*\left(\mathbf{H}_i\mathbf{H}_i^* + \alpha\mathbf{I}\right)^{-1}(\mathbf{s}_i + \tau_i\ell_i)/\sqrt{g_i}$$

[0043] 여기서, $\mathbf{H}_i$ 는 각 노드 i의 채널 행렬 정보, * 기호는 허미션(hermitian)을 나타내고, α는 적절한 상수이며, $\mathbf{I}$는 항등 행렬(identity matrix)를 나타낸다. 그리고, $\boldsymbol{\ell}_i=[\ell_{i1}\ \ell_{i2}\ \cdots\ \ell_{iK}]^T$ 로서 각 노드가 각 안테나를 통해

중계기로 전송하는 신호의 격자(lattice)이며, 각 원소는 $\ell_{i,k} \in \{\ell_I + j\ell_Q | \ell_I, \ell_Q \in A\}$ 로 주어지며(A는 정수의 집합을 나타낸다), g_i는 전송 신호 $\mathbf{X}_i$의 크기를 정규화(normalize)하는 인자(factor)를 나타낸다. 여기서, K는 노드 i의 송신 안테나 수를 나타낸다.

[0044] 각 노드 i가 각 안테나를 통해 중계기로 전송하는 신호는 격자에 의해 생성된 신호이고, 따라서 벡터 ℓ_i는 격자(lattice)를 이루게 된다. 벡터 ℓ_i는 각 노드에서 각 안테나 별로 전송되는 신호의 격자로서, 다음 수학식 3과 같은 식의 최적화의 해로 산출될 수 있다. 즉, 다음 수학식 3은 각 노드가 전송하는 신호의 전송전력을 최소로 하게 될 수 있는 격자 ℓ_i를 산출하는 식이다.

수학식 3

[0045] $$\ell_i = \arg\min_{\ell'_i \in \Lambda} \left| \mathbf{H}_i^* \left(\mathbf{H}_i \mathbf{H}_i^* + \alpha \mathbf{I} \right)^{-1} (\mathbf{s}_i + \tau_i \ell'_i) \right|^2$$

[0046] 여기서, τ_i는 격자의 크기를 나타내고, 수학식 2에서 설명한 바와 같이, H_i 는 각 노드 i의 채널 행렬 정보, * 기호는 허미션(hermitian)을 나타내고, α는 적절한 상수이며, I는 항등 행렬(identity matrix)를 나타낸다.

[0047] 다음 수학식 4는 각 노드가 전송하는 신호 $\mathbf{x}_i$의 크기를 정규화(normalize)하는 인자(factor)인 g_i를 나타낸다.

수학식 4

[0048] $$g_i = E\left[\left| \mathbf{H}_i^* \left(\mathbf{H}_i \mathbf{H}_i^* + \alpha \mathbf{I} \right)^{-1} (\mathbf{s}_i + \tau_i \ell_i) \right|^2 \right]$$

[0049] 여기서, E는 평균을 의미하고, H_i 는 각 노드 i의 채널 행렬 정보, * 기호는 허미션(hermitian)을 나타내고, α는 적절한 상수이며, I는 항등 행렬(identity matrix), τ_i는 전송 신호의 초기화된 기본 격자 크기를 나타낸다. 상기 수학식 4에 나타낸 바와 같이, g_i는 전송 신호 $\mathbf{X}_i$의 크기를 정규화(normalize)하는 인자(factor)로서, 각 노드 i에서의 송신 전력 크기의 평균을 의미한다.

[0050] 중계기는 τ_i와 g_i 값을 계산하여 각 노드 i에게 알려줄 수 있다. 중계기에서 τ_i와 g_i를 계산하는 과정은 같다.

[0051] 도 7은 중계기가 각 노드로부터 수신한 신호를 이용하여 τ_i와 g_i를 계산하는 방법의 바람직한 일 실시예의 수행과정을 도시한 흐름도이다.

[0052] 도 7과 관련한 설명에서 τ_i와 g_i를 계산하는 방법의 바람직한 일 실시예의 수행과정들은 중계기 내의 하나 이상의 프로세서에 수행될 수 있다.

[0053] 도 7을 참조하면, 중계기는 노드 1, 노드 2로부터 동시에 수신한 신호를 이용하여 먼저 노드 1 및 노드 2 각각의 채널 정보 $\mathbf{H}_1, \mathbf{H}_2$를 측정한다(S710). 그리고, 중계기는 신호의 격자 크기를 기본 격자 크기 $\tau = 2(c_{max} + \Delta/2)$와 같이 초기화시킨다(즉, $\tau_1 = \tau_2 = \tau$)(S720). 여기서 c_{max}는 신호 콘스틸레이션(signal constellation)에서 최대 좌표의 값을 나타내고, Δ는 인접 신호간의 최소거리를 나타낸다.

[0054] 그 후, 중계기는 기본 격자 크기 $\tau = 2(c_{max} + \Delta/2)$를 이용하여 수학식 4로 부터 g_i를 계산할 수 있다(S730). 그 후, 중계기는 이렇게 구한 g_i 값의 최소값을 구할 수 있다(S740). g_i 값의 최소값은 다음 수학식 5와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 5

[0055] $$g_{\min} = \min_i g_i$$

[0056] $g_{\min} = \min_i g_i$ 라고 할 때, 중계기는 τ_i를 다음 수학식 6과 같이 다시 계산할 수 있다.

수학식 6

[0057] $$\tau_i = \tau\sqrt{g_i / g_{\min}}$$

[0058] 상기 수학식 6에서, $\tau=2(c_{max}+\Delta/2)$를 나타내고, 앞서 설명한 바와 같이, c_{max}는 신호 콘스틸레이션(signal constellation)에서 최대 좌표의 값을 나타내고, Δ는 인접 신호간의 최소거리를 나타낸다.

[0059] 중계기는 상기 수학식 6을 이용하여 새롭게 다시 계산한 τ_i를 상기 수학식 4에 대입하여 g_i를 새로 계산할 수 있다. 이렇게, 중계기는 상기 수학식 3 내지 수학식 6을 만족하는 τ_i, g_i값을 산출할 수 있다. 중계기는 도 7과 같은 과정을 거쳐 산출한 τ_i, g_i를 각 노드로 각각 전송할 수 있다(즉, 노드 1에게 τ_1, g_1를 알려주고, 노드 2에게 τ_2, g_2를 알려준다). 중계기는 이러한 정보를 일정 주기를 간격으로 각 노드에게 알려줄 수 있다.

[0060] 각 노드 i가 중계기로 각각 상기 수학식 2와 같은 신호 $\mathbf{x}_i$($\mathbf{x}_i = \mathbf{H}_i^*\left(\mathbf{H}_i\mathbf{H}_i^* + \alpha\mathbf{I}\right)^{-1}(\mathbf{s}_i + \tau_i\ell_i)/\sqrt{g_i}$)를 전송하면, 중계기에서는 상기 수학식 1($\mathbf{y}_R = \mathbf{H}_1\sqrt{P}\mathbf{x}_1 + \mathbf{H}_2\sqrt{P}\mathbf{x}_2 + \mathbf{z}_R$)과 같은 신호를 수신할 수 있다. 이때, 중계기에서는 수신한 신호를 디코딩하는데, 각 노드에서 보낸 신호(혹은 메시지)를 각각 디코딩 할 수도 있고, 이와 달리, 각 노드의 신호(혹은 메시지)를 합친 신호(예를 들면, 각 노드가 보내는 메시지의 bitwise XOR한 신호)를 디코딩할 수도 있다.

[0061] 중계기가 각 노드로부터 수신한 신호(혹은 메시지)를 각각 디코딩한 경우에는 다시 이 두 신호(혹은 메시지)를 결합하므로(예를 들면, bitwise XOR 연산을 이용하여 결합), 두 경우 모두 합친 신호(혹은 메시지)를 중계기가 전송한다. 각 노드에서는 중계기로부터 수신한 신호(혹은 메시지)를 디코딩한 후에, 자신이 원래 보냈던 신호(혹은 메시지)를 제거하여, 상대방 노드가 전송한 신호(혹은 메시지)를 최종적으로 검출해 낼 수 있다.

[0062] **제 2 실시예(Zero-Forcing Dirty Paper Coding (ZF-DPC) 기법을 적용)**

[0063] 본 발명에 따른 제 2 실시예로서, 각 노드가 중계기로 신호를 전송하는 때에 Zero-Forcing Dirty Paper Coding (ZF-DPC) 기법으로 프리코딩을 적용할 수 있다. 각 노드 i가 채널 코딩 후 변조하여 전송하고자 하는 신호를 $\mathbf{s}_i$라 하자. 그리고, 각 노드 i 에서의 채널 정보를 $\mathbf{H}_i, i=1,2$라 하자. 각 노드 i에서의 채널 정보는 다음 수학식 7과 같이 QR 분해(decomposition)될 수 있다.

수학식 7

[0064] $$\mathbf{H}_i = \mathbf{R}_i\mathbf{Q}_i$$

[0065] 여기서 $\mathbf{R}_i$는 하삼각행렬(lower triangular matrix)로서, 즉 $\mathbf{R}_i$의 대각성분(diagonal element)의 위쪽이 모두 0인 행렬이고, $\mathbf{Q}_i$는 유니터리 행렬(unitary matrix)이다.

[0066] 각 노드 i에서 중계기로 전송하는 신호는 $\mathbf{Q}_i^H\mathbf{x}_i$ 이다(즉, 신호 $\mathbf{x}_i$ 에 $\mathbf{Q}_i^H$ 를 신호에 곱해서 전송을 하게 된다). 여기서, 각 노드 i가 채널 코딩후 변조하여 전송하고자 하는 신호를 $\mathbf{s}_i$라 하자. 그리고, 각 노드 i가 중계기로 전송하는 신호 $\mathbf{x}_i = [x_1^{(i)}\ x_2^{(i)} \cdots x_K^{(i)}]^T$ 이며, $\mathbf{x}_i = [x_1^{(i)}\ x_2^{(i)} \cdots x_K^{(i)}]^T$ (i는 노드의 인덱스, k는 안테나 인덱스를 나타냄) 의 각각의 성분은 다음 수학식 8에 의하여 구해진다.

수학식 8

[0067]
$$x_1^{(i)} = s_1^{(i)}$$
$$x_k^{(i)} = s_k^{(i)} - \sum_{j=1}^{k-1} \frac{r_{kj}^{(i)}}{r_{kk}^{(i)}} x_j^{(i)} + p_k^{(i)}$$

[0068] 여기서, $r_{kj}^{(i)}$ 는 행렬 $\mathbf{R}_i$의 k번째 행과 j번째 열의 원소를 나타낸다. 또한, 여기서 $p_k^{(i)}$ 는 노드 i가 k번째 신호를 전송하는데 사용하는 격자 포인트로서 해당 신호의 전송 전력 $\left|x_k^{(i)}\right|^2$을 최소화시키는 $\mathbf{p}_k^{(i)} \in \left\{\tau_k^{(i)}(p_I + jp_Q) \middle| p_I, p_Q \in A\right\}$ (A는 정수의 집합을 나타낸다)로 정해진다.

[0069] 또한, 여기서 $\tau_k^{(i)}$ 는 전송 신호의 격자 크기를 나타내는 스케일링 인자(scaling factor)에 해당한다. 중계기는 k번째 신호 전송에 사용되는 격자의 크기를 나타내는 $\tau_k^{(i)}$ 를 계산하여 각 노드 i에게 알려줄 수 있다.

[0070] 도 8은 중계기가 각 노드로부터 수신한 신호를 이용하여 τ_i를 계산하는 방법의 바람직한 일 실시예의 수행과정을 도시한 흐름도이다.

[0071] 도 8과 관련한 설명에서 τ_i를 계산하는 방법의 바람직한 일 실시예의 수행과정들은 중계기 내의 하나 이상의 프로세서에 수행될 수 있다.

[0072] 도 8을 참조하면, 중계기는 각 노드(즉, 노드 1 및 노드 2)로부터 수신한 신호에 기초하여 채널 정보 $\mathbf{H}_1$,$\mathbf{H}_2$를 측정한다(S810). 그 후, 중계기는 노드 1 및 노드의 각 채널 정보 $\mathbf{H}_1$,$\mathbf{H}_2$를 상기 수학식 7과 같이 QR 분해(decomposition)을 수행한다. 그리고, 중계기는 상기 수학식 7에 나타낸 바와 같이, 분해된 $\mathbf{R}_i$의 대각 성분 중 가장 큰 값을 계산한다(S830). 다음 수학식 9는 분해된 $\mathbf{R}_i$의 대각 성분 중 가장 큰 값을 나타내는 식이다.

수학식 9

[0073]
$$r_{kk}^{\max} = \max_i r_{kk}^{(i)}$$

[0074] 여기서, $r_{kj}^{(i)}$ 는 행렬 $\mathbf{R}_i$의 k번째 행과 j번째 열의 원소를 나타낸다.

[0075] 중계기는 기본 격자 크기를 $\tau = 2(c_{\max} + \Delta/2)$라고 가정하고, 다음 수학식 10을 이용하여 격자의 크기를 나타내는

$\tau_k^{(i)}$ 를 계산할 수 있다(S840).

수학식 10

[0076] $$\tau_k^{(i)} = \tau r_{kk}^{\max} / r_{kk}^{(i)}$$

[0077] 중계기는 이러한 S810 내지 S840 단계를 거쳐 구한 $\tau_k^{(i)}$ 를 노드 1 및 노드 2에게 각각 알려준다. 중계기는 이러한 $\tau_k^{(i)}$ 정보를 일정 주기로 각 노드(즉, 노드 1 및 노드 2)에게 알려줄 수 있다.

[0078] 각 노드가 상기 수학식 8와 같이 $\mathbf{X}_i$를 계산하고, 각각 중계기로 $\mathbf{Q}_i^H \mathbf{x}_i$ 를 전송하면, 중계기에서는 이를 디코딩한다. 이때, 중계기는 각 노드에서 보낸 신호(혹은 메시지)를 각각 디코딩할 수도 있고, 각 노드의 신호(혹은 메시지)를 결합한 신호(혹은 메시지)(예를 들면, 각 노드가 보내는 메시지의 bitwise XOR한 신호(혹은 메시지)를 디코딩할 수 있다. 중계기가 신호(혹은 메시지)를 각각 디코딩하는 경우에는 다시 이 두 신호(혹은 메시지)를 합치게 되므로(예를 들면, bitwise XOR), 두 경우 모두 합친 신호(혹은 메시지)를 중계기가 각 노드로 전송한다. 각 노드에서는 중계기로부터 수신한 신호(혹은 메시지)를 디코딩한 후에, 자신이 원래 보냈던 신호(혹은 메시지)를 제거하고 상대방 노드가 전송한 신호(혹은 메시지)를 최종적으로 검출하게 된다.

[0079] 도 9는 각 노드와 중계기의 안테나가 2개일 때와 3개일 때 시뮬레이션 한 블록 오류율(BER)을 도시한 도면이다.

[0080] 도 9의 (a)와 (b)는 각각 안테나 2개와 3개의 경우의 시뮬레이션 결과를 도시한 것이다.

[0081] 도 9를 참조하면, 본 발명의 제 1 실시예로서 각 노드가 중계기로 신호를 전송하는 때에 벡터 분산(VP: Vector Perturbation) 기법으로 프리코딩을 적용하는 경우의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 도 9의 (a)에 도시된 시뮬레이션 결과는 각 노드와 중계기의 안테나가 2개일 때에 대응하는 결과이며, 도 9의 (b)에 도시된 시뮬레이션 결과는 각 노드와 중계기의 안테나가 3개일 때에 대응하는 결과이다.

[0082] 레일레이 페이딩(Rayleigh Fading) 현상이라 함은 직접파 등이 건물 등에 가리어서 잘 도달하지 않고, 주로 반사파들이 여러 다중경로에 의해 수신측에 도달하여 합성되어 신호 강도가 빠르게 요동치며 생기는 페이딩 현상을 말한다. 레일레이 페이딩이 일어나는 대역폭은 200 kHz 이내의 좁은 대역에서 주로 발생하며, 짧은 기간에 급격한 출렁임을 보이며 셀룰러 등 이동통신에 많은 영향을 주는 현상이다.

[0083] 도 9에 도시된 시뮬레이션에서는 레일레이 페이딩 채널에서 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 변조 방식을 사용하였으며, 채널 부호로는 1/2 rate의 콘볼루셔널 코드(convolutional code)를 사용하였다. 그리고, 한 블록(block)의 크기는 128이다. No alignment로 표시한 것은 송신단에서 벡터 분산(vector perturbation) 기법이나 ZF-DPC과 같은 프리코딩(precoding)을 하지 않고 전송을 한 것이다.

[0084] 도 9의 (a) 및 (b)에 도시된 바와 같이, 일 예로서, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 벡터 분산(VP: Vector Perturbation) 기법으로 프리코딩을 하여 신호를 전송하는 경우 기존의 방식에 비해서 동일한 블록 오류율에 비해 5 내지 6 dB 이상의 신호대 잡음비(SNR: Signal to Noise Ratio) 이득을 얻는 것을 확인할 수 있다.

[0085] 살펴본 바와 같이, 다중 안테나를 사용하는 양방향 무선 중계기 네트워크에서, 중계기는 양 노드로부터 수신한 신호를 한꺼번에 검출하고 이를 다시 각 노드로 전송함으로써 전송 시간을 줄이는 장점이 있다.

[0086] 도 10은 본 발명에 따른 장치(50)의 구성 요소들을 나타내는 다이어그램이다.

[0087] 도 10을 참조하면, 장치(50)는 단말, 기지국, 중계기일 수 있다. 장치(50)는 프로세서(51), 메모리(52), 무선 주파수 유닛(RF 유닛)(53), 디스플레이 유닛(54), 및 사용자 인터페이스 유닛(55)을 포함한다.

[0088] 무선 인터페이스 프로토콜의 레이어(layers)들은 프로세서(51) 내에서 구현된다. 프로세서(51)는 제어 플랜과 사용자 플랜을 제공한다. 각 레이어의 기능은 프로세서(51) 내에서 구현될 수 있다. 메모리(52)는 프로세서(51)에 연결되어 오퍼레이팅 시스템, 어플리케이션, 및 일반 파일(general files)들을 저장한다.

[0089] 디스플레이 유닛(54)은 다양한 정보를 디스플레이하고, LCD(liquid crystal display), OLED(organic light

emitting diode)과 같은 잘 알려진 요소를 사용할 수 있다.

[0090] 사용자 인터페이스 유닛(55)은 키패드, 터치 스크린 등과 같은 잘 알려진 사용자 인터페이스의 조합으로 구성될 수 있다.

[0091] RF 유닛(53)은 프로세서(51)에 연결되어 무선 신호를 송수신할 수 있다. RF 유닛(53)은 전송 모듈(미도시)과 수신 모듈(미도시)로 구분될 수도 있다.

[0092] 단말과 네트워크 사이의 무선 인터페이스 프로토콜의 레이어들은, 통신 시스템에서 잘 알려진 OSI(open system interconnection) 모델의 하위 3개 레이어를 기초로 제1 레이어(L1), 제2 레이어(L2), 및 제3 레이어(L3)로 분류될 수 있다. 물리 레이어는 제1 레이어에 속하며 물리 채널을 통해 정보 전송 서비스를 제공한다. RRC(radio resource control) 레이어는 제3 레이어에 속하며 단말과 네트워크 사이의 제어 무선 자원들을 제공한다. 단말과 네트워크는 RRC 레이어를 통해 RRC 메시지들을 교환한다.

[0093] 이상에서 설명된 실시예들은 본 발명의 구성요소들과 특징들이 소정 형태로 결합된 것들이다. 각 구성요소 또는 특징은 별도의 명시적 언급이 없는 한 선택적인 것으로 고려되어야 한다. 각 구성요소 또는 특징은 다른 구성요소나 특징과 결합되지 않은 형태로 실시될 수 있다. 또한, 일부 구성요소들 및/또는 특징들을 결합하여 본 발명의 실시예를 구성하는 것도 가능하다. 본 발명의 실시예들에서 설명되는 동작들의 순서는 변경될 수 있다. 어느 실시예의 일부 구성이나 특징은 다른 실시예에 포함될 수 있고, 또는 다른 실시예의 대응하는 구성 또는 특징과 교체될 수 있다. 특허청구범위에서 명시적인 인용 관계가 있지 않은 청구항들을 결합하여 실시예를 구성하거나 출원 후의 보정에 의해 새로운 청구항으로 포함시킬 수 있음은 자명하다.

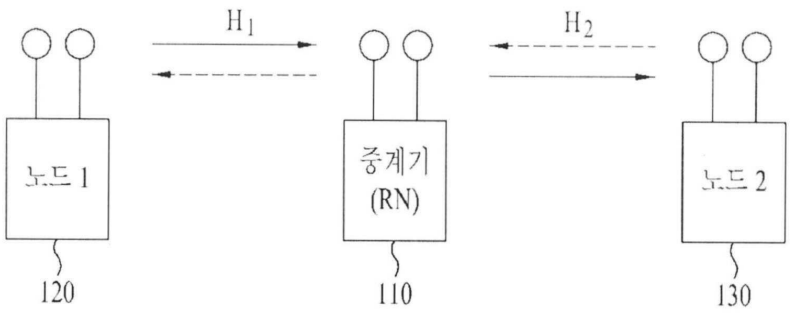
[0094] 본 발명에 따른 실시예는 다양한 수단, 예를 들어, 하드웨어, 펌웨어(firmware), 소프트웨어 또는 그것들의 결합 등에 의해 구현될 수 있다. 하드웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 일 실시예는 하나 또는 그 이상의 ASICs(Application Specific Integrated Circuits), DSPs(Digital Signal Processors), DSPDs(Digital Signal Processing Devices), PLDs(Programmable Logic Devices), FPGAs(Field Programmable Gate Arrays), 프로세서, 콘트롤러, 마이크로 콘트롤러, 마이크로 프로세서 등에 의해 구현될 수 있다.

[0095] 펌웨어나 소프트웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 일 실시예는 이상에서 설명된 기능 또는 동작들을 수행하는 모듈, 절차, 함수 등의 형태로 구현될 수 있다. 소프트웨어 코드는 메모리 유닛에 저장되어 프로세서에 의해 구동될 수 있다. 상기 메모리 유닛은 상기 프로세서 내부 또는 외부에 위치하여, 이미 공지된 다양한 수단에 의해 상기 프로세서와 데이터를 주고 받을 수 있다.

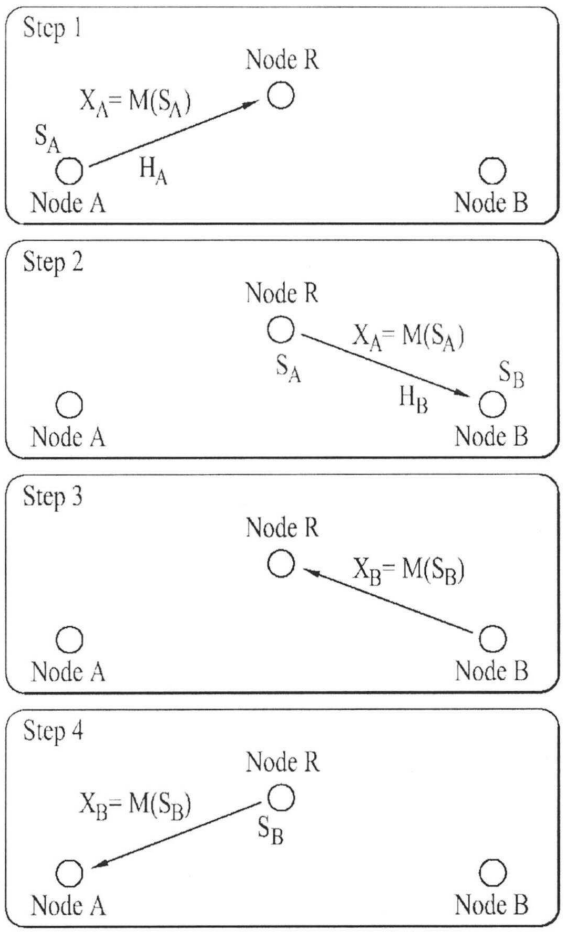
[0096] 본 발명은 본 발명의 정신 및 필수적 특징을 벗어나지 않는 범위에서 다른 특정한 형태로 구체화될 수 있음은 당업자에게 자명하다. 따라서, 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니 되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.

도면

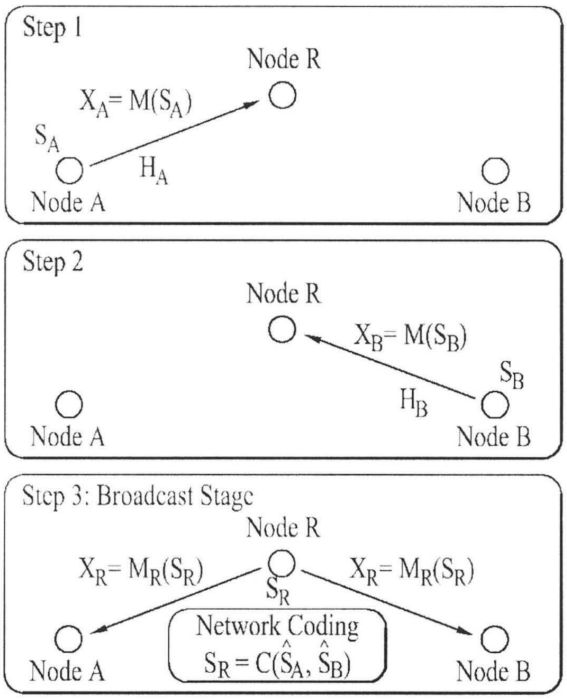
도면1



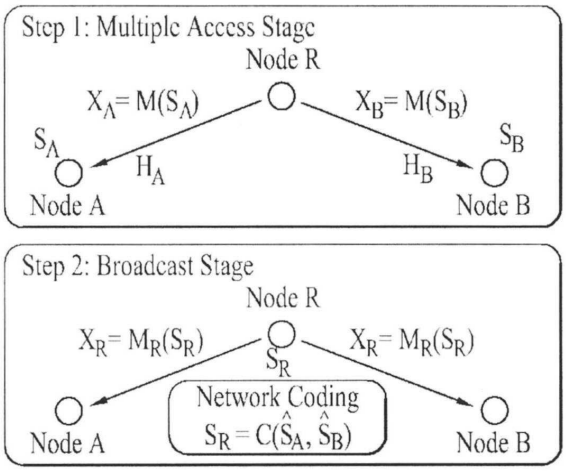
도면2


Step 1
Node R
$X_A = M(S_A)$
S_A
H_A
Node A
Node B
Step 2
Node R
$X_A = M(S_A)$
S_A
S_B
H_B
Node A
Node B
Step 3
Node R
$X_B = M(S_B)$
Node A
Node B
Step 4
Node R
$X_B = M(S_B)$
S_B
Node A
Node B

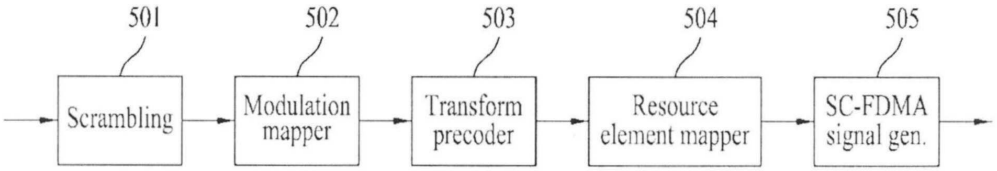
도면3


Step 1
Node R
$X_A = M(S_A)$
S_A
H_A
Node A
Node B
Step 2
Node R
$X_B = M(S_B)$
S_B
H_B
Node A
Node B
Step 3: Broadcast Stage
Node R
$X_R = M_R(S_R)$
S_R
$X_R = M_R(S_R)$
Network Coding
$S_R = C(\hat{S}_A, \hat{S}_B)$
Node A
Node B

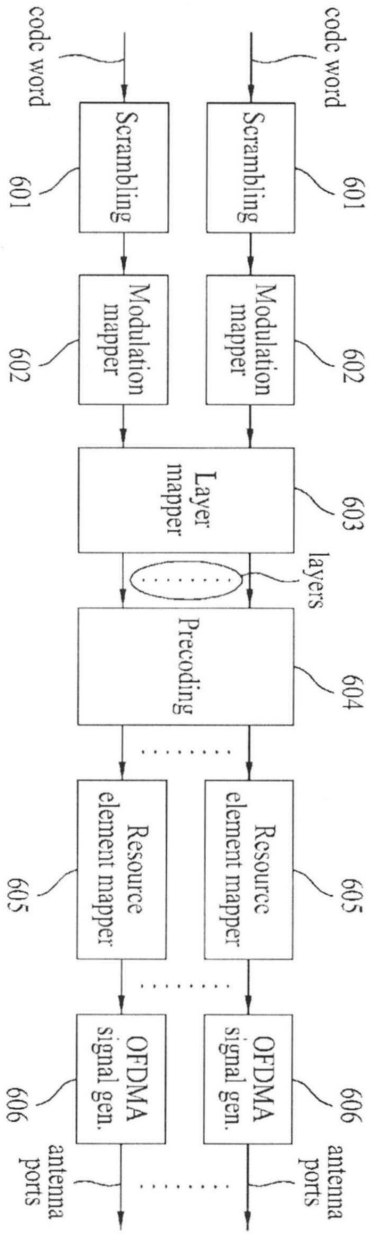
도면4


Step 1: Multiple Access Stage
Node R
$X_A = M(S_A)$
$X_B = M(S_B)$
S_A
S_B
H_A
H_B
Node A
Node B
Step 2: Broadcast Stage
Node R
$X_R = M_R(S_R)$
$X_R = M_R(S_R)$
S_R
Network Coding
$S_R = C(\hat{S}_A, \hat{S}_B)$
Node A
Node B

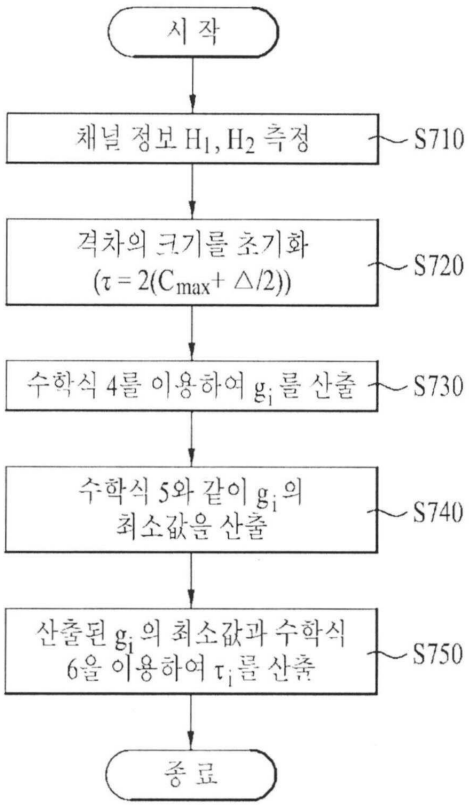
도면5


501
502
503
504
505
Scrambling
Modulation mapper
Transform precoder
Resource element mapper
SC-FDMA signal gen.

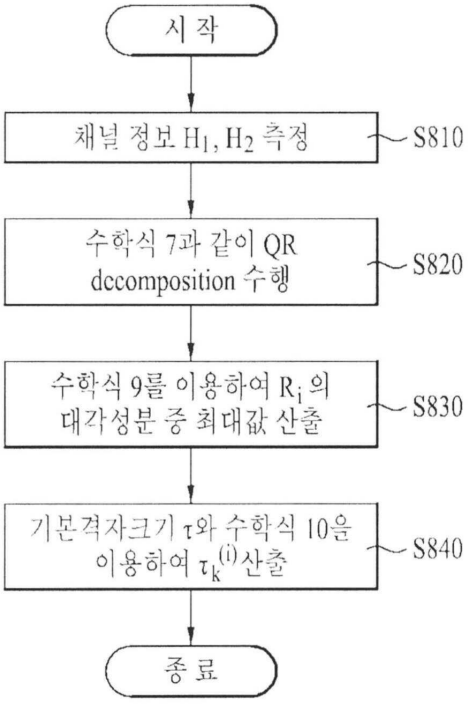
도면6


code word
code word
Scrambling
Scrambling
601
601
Modulation mapper
Modulation mapper
602
602
Layer mapper
603
layers
Precoding
604
Resource element mapper
Resource element mapper
605
605
OFDMA signal gen.
OFDMA signal gen.
606
606
antenna ports
antenna ports

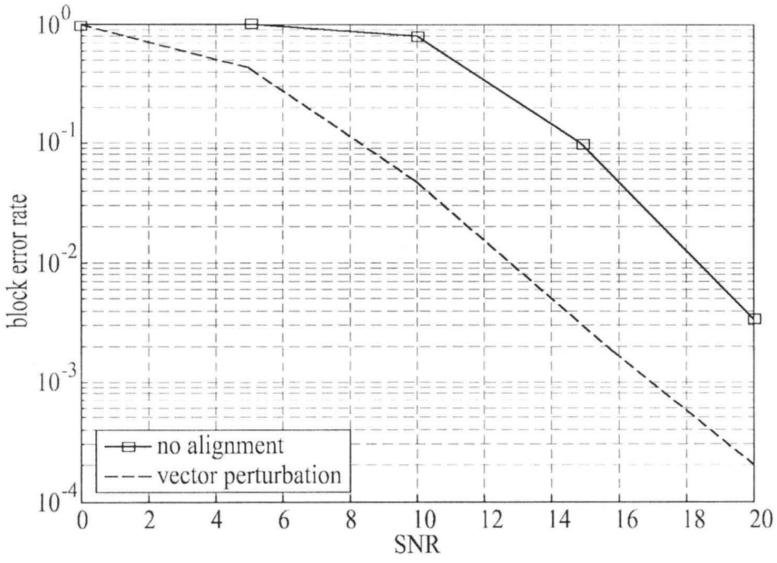
도면7


시 작
채널 정보 H_1, H_2 측정
S710
격차의 크기를 초기화
($\tau = 2(C_{max} + \Delta/2)$)
S720
수학식 4를 이용하여 g_i 를 산출
S730
수학식 5와 같이 g_i 의
최소값을 산출
S740
산출된 g_i 의 최소값과 수학식
6을 이용하여 τ_i 를 산출
S750
종 료

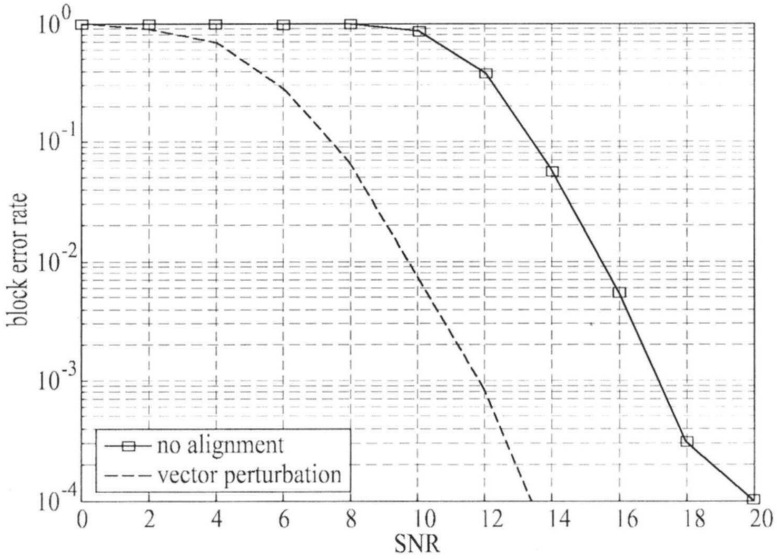
도면8


시 작
채널 정보 H_1, H_2 측정
S810
수학식 7과 같이 QR
decomposition 수행
S820
수학식 9를 이용하여 R_i 의
대각성분 중 최대값 산출
S830
기본격자크기 τ와 수학식 10을
이용하여 $\tau_k^{(i)}$ 산출
S840
종 료

도면9



(a) : 2 안테나



(b) : 3 안테나

도면10

