



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년01월05일
(11) 등록번호 10-1102205
(24) 등록일자 2011년12월27일

(51) Int. Cl.

H04B 7/02 (2006.01) H04L 27/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0107245

(22) 출원일자 2010년10월29일

심사청구일자 2010년10월29일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020070086976 A*

'High-rate Groupwise STBC using Low-Complexity SIC based receiver', IEEE Trans. on Wireless Comm., Vol.8, NO. 9, pp.4677-4687, 2009년 9월.*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

송형규

경기도 성남시 분당구 중앙공원로 17, 320동 303호 (서현동, 한양아파트)

윤재선

서울특별시 광진구 면목로5길 43, 경원 403호 (군자동, 리치하우스)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 김대성

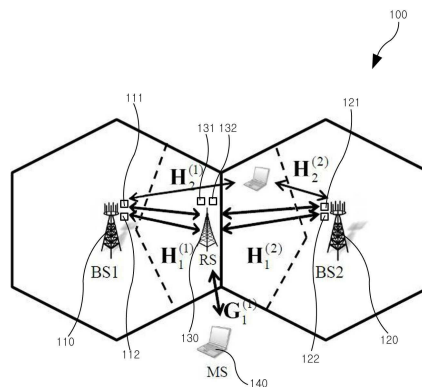
(54) OFDM 기반의 무선 통신 시스템에서 간섭을 최소화하는 기지국 협력 전송 방법 및 시스템

(57) 요약

본 발명은, 두 기지국 사이의 중첩된 위치에 설치된 중계기를 이용한 OFDM 기반의 기지국 협력 통신 방법에 있어서, 상기 두 기지국인 제1기지국과 제2기지국은 상기 중계기에 G-STBS 방식으로 신호를 전송하는 OFDM 기반의 기지국 협력 전송 방법을 제공한다.

본 발명에 따른 OFDM 기반의 기지국 협력 전송 방법 및 시스템에 따르면, 중계기가 있는 셀 기반의 무선 통신 환경에서 두 기지국이 셀 외곽의 사용자 단말을 위하여 서로 협력 전송함에 따라 반복적인 재전송에 의한 전송률 저하를 개선할 수 있으며, 이와 동시에 다이버시티 이득을 얻을 수 있는 이점이 있다.

대표도 - 도2



Multiple BS : G-STBC transmission rate=2

(72) 발명자

이성주

서울특별시 구로구 오리로 1265, 20동 204호 (공동, 우신빌라)

유영환

서울특별시 송파구 동남로 193, 101동 1501호 (가락동, 가락쌍용아파트 28동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10C2-C2-10M

부처명 지식경제부

연구관리전문기관 유비쿼터스컴퓨팅사업단

연구사업명 21세기 프론티어 개발사업

연구과제명 상황적응 협업통신 기반 Scale-free uPAN 커뮤니티 네트워크 개발

기여율 1/1

주관기관 세종대학교

연구기간 2010.01.01 ~ 2010.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

두 기지국 사이의 중첩된 위치에 설치된 중계기를 이용한 OFDM 기반의 기지국 협력 통신 방법에 있어서,

상기 두 기지국인 제1기지국과 제2기지국은 상기 중계기에 G-STBC 방식으로 신호를 전송하며,

상기 G-STBC 방식에 의한 전송 신호 $\mathbf{S}$ 와 상기 전송 신호에 대응되는 상기 중계기 측의 수신 신호 $\mathbf{Y}$ 는 아래의 수학적식들로 표현되고,

상기 두 기지국은 상기 전송 신호 $\mathbf{S}$ 를 BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM 중 선택된 하나의 방식으로 변조하여 전송하는 OFDM 기반의 기지국 협력 전송 방법:

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} S_1 & S_2 & S_3 & S_4 \\ -S_2^* & S_1^* & -S_4^* & S_3^* \end{bmatrix}$$

여기서, $\mathbf{S}$ 의 두 행성분은 제1전송타입 및 제2전송타입을 나타내고, S_1 및 S_2 는 상기 제1기지국에 구비된 제1안테나 및 제2안테나의 전송 신호, S_3 와 S_4 는 제2기지국에 구비된 제3안테나 및 제4안테나의 전송 신호를 나타내고,

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} H_{1,1} & H_{1,2} & H_{1,3} & H_{1,4} \\ -H_{1,2}^* & H_{1,1}^* & -H_{1,4}^* & -H_{1,3}^* \\ H_{2,1} & H_{2,2} & H_{2,3} & H_{2,4} \\ -H_{2,2}^* & -H_{2,1}^* & -H_{2,4}^* & -H_{2,3}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} N_{1,1} \\ -N_{1,2}^* \\ N_{2,1} \\ -N_{2,2}^* \end{bmatrix}$$

여기서, $H_{i,l}$ 는 i 번째 전송타입에서 l 번째 안테나와 상기 중계기 사이의 채널, $N_{m,i}$ 는 i 번째 전송타입에서 m 번째 기지국과 상기 중계기 사이의 노이즈, $i = 1, 2$, $l = 1, 2, 3, 4$, $m = 1, 2$ 를 나타낸다.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

OFDM 기반의 기지국 협력 통신 시스템에 있어서,

상기 협력 통신을 수행하는 두 기지국; 및

상기 두 기지국 사이의 중첩된 위치에 설치된 중계기를 포함하며,

상기 두 기지국인 제1기지국과 제2기지국은 상기 중계기에 G-STBC 방식으로 신호를 전송하며,

상기 G-STBC 방식에 의한 전송 신호 $\mathbf{S}$ 와 상기 전송 신호에 대응되는 상기 중계기 측의 수신 신호 $\mathbf{Y}$ 는 아래의 수학적식들로 표현되고,

상기 두 기지국은 상기 전송 신호 $\mathbf{S}$ 를 BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM 중 선택된 하나의 방식으로 변조하여 전송하는 OFDM 기반의 기지국 협력 전송 시스템:

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} S_1 & S_2 & S_3 & S_4 \\ -S_2^* & S_1^* & -S_4^* & S_3^* \end{bmatrix}$$

여기서, $\mathbf{S}$ 의 두 행성분은 제1전송타입 및 제2전송타입을 나타내고, S_1 및 S_2 는 상기 제1기지국에 구비된 제1안테나 및 제2안테나의 전송 신호, S_3 와 S_4 는 제2기지국에 구비된 제3안테나 및 제4안테나의 전송 신호를 나타내고,

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} H_{1,1} & H_{1,2} & H_{1,3} & H_{1,4} \\ -H_{1,2}^* & H_{1,1}^* & -H_{1,4}^* & -H_{1,3}^* \\ H_{2,1} & H_{2,2} & H_{2,3} & H_{2,4} \\ -H_{2,2}^* & -H_{2,1}^* & -H_{2,4}^* & -H_{2,3}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} N_{1,1} \\ -N_{1,2}^* \\ N_{2,1} \\ -N_{2,2}^* \end{bmatrix}$$

여기서, $H_{i,l}$ 는 i 번째 전송타입에서 l 번째 안테나와 상기 중계기 사이의 채널, $N_{m,i}$ 는 i 번째 전송타입에서 m 번째 기지국과 상기 중계기 사이의 노이즈, $i = 1, 2$, $l = 1, 2, 3, 4$, $m = 1, 2$ 를 나타낸다.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 OFDM 기반의 무선 통신 시스템에서 간섭을 최소화하는 기지국 협력 전송 방법 및 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 다중 안테나를 사용하는 여러 개의 기지국이 중계기와 서로 협력하여 셀 외곽에 위치한 사용자 단말의 송수신 범위를 확장할 수 있는 OFDM 기반의 무선 통신 시스템에서 간섭을 최소화하는 기지국 협력 전송 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 미래의 무선 통신 네트워크는 보다 향상된 데이터율과 적은 에러율 그리고 보다 효율적이고 유연한 대역폭을 목표로 현재의 네트워크 보다 좋은 성능을 요구한다.

[0003] 최근에는 여러 개의 기지국을 사용하는 협력 통신 방식이 제안되고 있다. 이러한 협력 통신 방법은 전체적인 시스템 성능을 향상시키며 특히 셀 외곽에 있는 사용자 단말에는 매우 효과적이다.

[0004] 도 1은 종래의 기지국 협력 시스템의 실시예를 나타내는 구성도이다. 이러한 도 1은 두 기지국(Base Station; BS1, BS2)을 갖는 기본적인 기지국 협력 구성에서 셀 외곽에 있는 두 사용자 단말(Mobile Station)(MS1, MS2)을 위해 중계기(Relay Station)(RS)를 사용한 것이다.

[0005] 먼저 도 1의 (a)는 STBC 방식을 사용하는 경우로서, 2개의 전송타입 동안 2개의 송신 심볼을 전송하므로 전송률은 $1(=2/2)$ 의 값을 갖는다. 도 1의 (b)는 X-BLAST 방식을 사용한 것으로서, 2개의 전송타입 동안 4개의 송신 심볼을 전송하므로 전송률은 $2(=4/2)$ 의 값을 갖는다. 그런데, 이러한 X-BLAST 방식은 전송률이 높은 반면에 동일 시간 대비하여 많은 신호를 보냄에 따라 신뢰도가 떨어지는 단점이 있다. 이상과 같은 도 1의 (a)와 (b) 방식은 하나의 기지국(BS1)만 신호를 전송하는 방식으로 사용자 단말은 기본적으로 중계기(RS)를 통해 다중 홉으로 신호를 수신하므로 전송률의 저하가 나타나지 않는다.

[0006] 도 1의 (c)는 STBC 방식을 사용하되 두 기지국(BS1, BS2)이 중계기(BS)를 통해 협력 전송하는 방식이다. 그런데, 이 경우는 중계기가 기지국으로부터 신호를 전달받는 과정이 필수적이므로, 시스템 전체의 전송률이 저하되게

된다. 따라서 이러한 협력 통신은 공간 다이버시티 이득에 따른 비트 오류의 개선과 시스템의 성능 향상을 이루는 반면, 전송률이 1/2 또는 3/4에 머무르는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 G-STBC(Groupwise Space Time Block Code) 방식을 사용하여 기지국과 중계기, 그리고 중계기와 사용자 단말 사이의 전송률 저하 문제를 최소화할 수 있는 OFDM 기반의 무선 통신 시스템에서 간섭을 최소화하는 기지국 협력 전송 방법 및 시스템을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은, 두 기지국 사이의 중첩된 위치에 설치된 중계기를 이용한 OFDM 기반의 기지국 협력 통신 방법에 있어서, 상기 두 기지국인 제1기지국과 제2기지국은 상기 중계기에 G-STBS 방식으로 신호를 전송하며, 상기 G-STBC 방식은 아래의 수학적식으로 표현되는 OFDM 기반의 기지국 협력 전송 방법을 제공한다.

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} S_1 & S_2 & S_3 & S_4 \\ -S_2^* & S_1^* & -S_4^* & S_3^* \end{bmatrix}$$

[0010] 여기서, $\mathbf{S}$ 의 두 행성분은 제1전송타임 및 제2전송타임을 나타내고, S_1 및 S_2 는 상기 제1기지국에 구비된 제1안테나 및 제2안테나의 전송 신호, S_3 와 S_4 는 제2기지국에 구비된 제3안테나 및 제4안테나의 전송 신호를 나타낸다.

[0011] 그리고, 상기 전송된 신호에 대응되는 상기 중계기 측의 수신 신호는 아래의 수학적식으로 표현될 수 있다.

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} H_{1,1} & H_{1,2} & H_{1,3} & H_{1,4} \\ -H_{1,2}^* & H_{1,1}^* & -H_{1,4}^* & -H_{1,3}^* \\ H_{2,1} & H_{2,2} & H_{2,3} & H_{2,4} \\ -H_{2,2}^* & -H_{2,1}^* & -H_{2,4}^* & -H_{2,3}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} N_{1,1} \\ -N_{1,2}^* \\ N_{2,1} \\ -N_{2,2}^* \end{bmatrix}$$

[0013] 여기서, $H_{i,l}$ 는 i 번째 전송타임에서 l 번째 안테나와 상기 중계기 사이의 채널, $N_{m,i}$ 는 i 번째 전송타임에서 m 번째 기지국과 상기 중계기 사이의 노이즈, $i = 1, 2$, $l = 1, 2, 3, 4$, $m = 1, 2$ 를 나타낸다.

[0014] 또한, 상기 두 기지국은 상기 전송 신호 $\mathbf{S}$ 를 BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM 중 선택된 하나의 방식으로 변조하여 전송할 수 있다.

[0015] 그리고, 본 발명은 OFDM 기반의 기지국 협력 통신 시스템에 있어서, 상기 협력 통신을 수행하는 두 기지국, 및 상기 두 기지국 사이의 중첩된 위치에 설치된 중계기를 포함하며, 상기 두 기지국인 제1기지국과 제2기지국은 상기 중계기에 상기 G-STBS 방식으로 신호를 전송하는 OFDM 기반의 기지국 협력 전송 시스템을 제공한다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 따른 OFDM 기반의 기지국 협력 전송 방법 및 시스템에 따르면, 중계기가 있는 셀 기반의 무선 통신 환경에서 두 기지국이 셀 외곽의 사용자 단말을 위하여 서로 협력 전송함에 따라 반복적인 재전송에 의한 전송률 저하를 개선할 수 있으며, 이와 동시에 다이버시티 이득을 얻을 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 종래의 기지국 협력 시스템의 실시예를 나타내는 구성도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 기반의 기지국 협력 전송 시스템의 구성도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 기지국 협력 전송 방법과 기존의 방법에 대한 다이버시티 이득과 전송률을 비교한 그래프이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 기지국 협력 전송 방법에서 10dB 경로 손실이 발생하였을 경우, 협력 전송 성능 결과를 나타내는 그래프이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 기지국 협력 전송 방법에서 첫 번째 홉의 SNR이 고정되어 있을 경우, 협력 전송 성능 결과를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.
- [0019] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 OFDM 기반의 기지국 협력 전송 시스템의 구성도이다. 상기 협력 전송 시스템(100)은 제1기지국(110), 제2기지국(120), 그리고 두 기지국(110,120) 사이의 중첩된 위치에 설치된 중계기(130)를 포함한다.
- [0020] 여기서, 두 기지국(110,120)과 중계기(130)는 두 개의 안테나를 갖는 다중 안테나 시스템을 사용한다. 즉, 상기 제1기지국(110)은 제1안테나(111) 및 제2안테나(112)를 가지며, 상기 제2기지국(120)은 제3안테나(121) 및 제4안테나(122)를 구비한다. 또한, 상기 중계기(130)는 제5안테나(131) 및 제6안테나(132)를 사용한다.
- [0021] 상기 제1기지국(110)과 제2기지국(120)은 상기 중계기(130)에 G-STBC(Groupwise Space Time Block Code) 방식으로 신호를 전송한다. 이러한 G-STBC 방식을 사용하는 기지국 협력 전송 방법은, 중계기(130)가 있는 셀 기반의 무선 통신 환경에서 두 기지국(110,120)이 셀 외곽의 사용자 단말(140)을 위하여 서로 협력 전송함에 따라 반복적인 재전송에 의한 전송률 저하를 개선하는 효과가 있다.
- [0022] 이하에서는 상기 G-STBC 방식을 이용한 기지국 협력 전송 방법에 관하여 상세히 알아본다. 여기서, 각각의 전송 채널들은 경로 손실이 발생하는 열악한 상황에 있는 것으로 가정한다.
- [0023] 먼저, 상기 G-STBC 방식은 아래의 수학적 식 1로 표현된다.

수학적 식 1

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} S_1 & S_2 & S_3 & S_4 \\ -S_2^* & S_1^* & -S_4^* & S_3^* \end{bmatrix}$$

- [0024]
- [0025] 상기 $\mathbf{S}$ 는 상기 두 기지국(110,120)에 의한 전송 신호를 의미한다. 이때, 상기 제1안테나(111), 제2안테나(112), 제3안테나(121), 제4안테나(122)는 가상의 어레이로 묶인 형태를 갖게 된다.
- [0026] 여기서, 상기 $\mathbf{S}$ 의 두 행성분은 제1전송타임 및 제2전송타임을 나타내고, S_1 및 S_2 는 상기 제1기지국(110)에 구비된 제1안테나(111) 및 제2안테나(112)의 전송 신호, S_3 와 S_4 는 제2기지국(120)에 구비된 제3안테나(121) 및 제4안테나(122)의 전송 신호를 나타낸다. 물론, 각 전송신호에서 위첨자 '*'는 각 심볼의 켤레켄지트(conjugate) 값을 의미한다.
- [0027] 상기 수학적 식 1을 참조하면, 상기 G-STBC 방식은 제1전송타임과 제2전송타임을 포함한 두 개의 전송타임 동안 4가지 심볼(S_1, S_2, S_3, S_4)을 전송하므로, 그 전송률은 $2(=4/2)$ 의 값을 갖는다.
- [0028] 상기 전송된 신호에 대응되는 상기 중계기(130) 측의 수신 신호는 다음의 수학적 식 2와 같이 벡터로 표현된다.

수학식 2

$$\mathbf{Y} = \mathbf{H} \cdot \mathbf{S} + \mathbf{N}$$

여기서, $\mathbf{Y}$ 는 상기 수신 신호이고, $\mathbf{H}$ 는 두 기지국(110,120)과 중계기(130) 사이의 채널이며, $\mathbf{N}$ 은 두 기지국(110,120)과 중계기(130) 사이의 노이즈를 의미한다.

이러한 수학식 2는 아래의 수학식 3으로 구체화된다.

수학식 3

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} H_{1,1} & H_{1,2} & H_{1,3} & H_{1,4} \\ -H_{1,2}^* & H_{1,1}^* & -H_{1,4}^* & -H_{1,3}^* \\ H_{2,1} & H_{2,2} & H_{2,3} & H_{2,4} \\ -H_{2,2}^* & -H_{2,1}^* & -H_{2,4}^* & -H_{2,3}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} N_{1,1} \\ -N_{1,2}^* \\ N_{2,1} \\ -N_{2,2}^* \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} T_{1,1} & T_{1,2} \\ T_{2,1} & T_{2,2} \end{bmatrix} \mathbf{S} + \mathbf{N}$$

여기서, $H_{i,l}$ 는 i 번째 전송타임에서 l 번째 안테나와 상기 중계기 사이의 채널, $N_{m,i}$ 는 i 번째 전송타임에서 m 번째 기지국과 상기 중계기 사이의 노이즈, $i = 1, 2$, $l = 1, 2, 3, 4$, $m = 1, 2$ 를 나타낸다.

또한, 수학식 3에서 $T_{i,j}$ 는 다음의 수학식 4로 정리된다.

수학식 4

$$T_{1,1} = \begin{bmatrix} H_{1,1} & H_{1,2} \\ -H_{1,2}^* & -H_{1,1}^* \end{bmatrix},$$

$$T_{1,2} = \begin{bmatrix} H_{1,3} & H_{1,4} \\ -H_{1,4}^* & -H_{1,3}^* \end{bmatrix},$$

$$T_{2,1} = \begin{bmatrix} H_{2,1} & H_{2,2} \\ -H_{2,2}^* & -H_{2,1}^* \end{bmatrix},$$

$$T_{2,2} = \begin{bmatrix} H_{2,3} & H_{2,4} \\ -H_{2,4}^* & -H_{2,3}^* \end{bmatrix}$$

여기서, j 는 상기 중계기(130)에 구비된 j 번째 안테나로서 $j = 1, 2$ 이다. 여기서 상기 제5안테나(131)는 $j = 1$ 인 안테나이고, 상기 제6안테나는 $j = 2$ 인 안테나에 해당된다.

한편, 상기 두 기지국(110,120)은 상기 전송 신호 S 를 BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM 중 선택된 하나의 방식으로

변조하여 상기 중계기(130)로 전송한다.

[0038] BPSK 변조의 경우, 변조 차수 $M=2$ 이고, $S_i = \pm 1$ 이므로, 변조된 신호는 수학식 5로 표현된다.

수학식 5

[0039]
$$\widetilde{S}_{l,i} = \tanh\left(\frac{\widetilde{S}_i}{\sigma^2}\right), \quad l = 1, 2, 3, 4$$

[0040] 여기서, $\widetilde{S}_{l,i}$ 는 변조된 신호를 의미한다. 이러한 수학식 5는 보다 구체적으로 수학식 6으로 나타낼 수 있다.

수학식 6

[0041]
$$\begin{bmatrix} \widetilde{S}_{1,i} \\ \widetilde{S}_{2,i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{T}_{1,1} \\ \mathbf{T}_{2,1} \end{bmatrix} \left(Y - \begin{bmatrix} \mathbf{T}_{1,2} \\ \mathbf{T}_{2,2} \end{bmatrix} \overline{\mathbf{S}_1^T} \right)$$

[0041]
$$\begin{bmatrix} \widetilde{S}_{3,i} \\ \widetilde{S}_{4,i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{T}_{1,2} \\ \mathbf{T}_{2,2} \end{bmatrix} \left(Y - \begin{bmatrix} \mathbf{T}_{1,1} \\ \mathbf{T}_{2,1} \end{bmatrix} \overline{\mathbf{S}_2^T} \right)$$

[0042] 다음, QPSK 변조의 경우는 신호의 집합이 $S_i \in \left\{ \frac{\pm 1 \pm j}{\sqrt{2}} \right\}$ 이므로 다음과 같은 관계가 있다.

수학식 7

[0043]
$$\widehat{S}_{l,i} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[\tanh \frac{\text{Re}(\widetilde{S}_{1,i})}{2N_0} + j \tanh \left(\frac{\text{Im}(\widetilde{S}_{1,i})}{2N_0} \right) \right]$$

[0044] 여기서, $\tanh()$ 이 복잡한 연산을 요구하기 때문에 다음의 수학식 8과 같은 대략적인 값이 사용된다.

수학식 8

[0045]
$$\tanh(x) \simeq \begin{cases} 1 & x > 1 \\ x & |x| < 1 \\ -1 & x \leq -1 \end{cases}$$

[0046] 그리고, 16QAM 경우는 신호의 집합이 $S_i \in \left\{ \frac{\pm 3 \pm j3}{\sqrt{10}}, \frac{\pm 3 \pm j}{\sqrt{10}}, \frac{\pm 1 \pm j3}{\sqrt{10}}, \frac{\pm 1 \pm j}{\sqrt{10}} \right\}$ 이므로 다음의 수학식 9와 같은 추정 값을 얻을 수 있다.

수학식 9

$$\widehat{S}_{l,i} = \frac{1}{\sqrt{10}} \left[f_{i,16QAM} \frac{\text{Re}(\widetilde{S_{l,i}})}{\sqrt{10} N_0} + j f_{i,16QAM} \left(\frac{\text{Im}(\widetilde{S_{l,i}})}{\sqrt{10} N_0} \right) \right]$$

여기서, $f_{x,16QAM}$ 은 수학식 10으로 표현된다.

수학식 10

$$f_{x,16QAM}(x) = \frac{3k \sinh(3x) + \sinh(x)}{k \cosh(3x) + \cosh(x)}$$

그리고, 64QAM 변조의 경우는 신호의 집합이 다음의 수학식 11과 같은 값을 갖는다.

수학식 11

$$S_i \in \left\{ \frac{\pm 7 \pm j7}{\sqrt{42}}, \frac{\pm 7 \pm j5}{\sqrt{42}}, \frac{\pm 7 \pm j3}{\sqrt{42}}, \frac{\pm 7 \pm j}{\sqrt{42}}, \frac{\pm 5 \pm j5}{\sqrt{42}}, \frac{\pm 5 \pm j3}{\sqrt{42}}, \frac{\pm 5 \pm j}{\sqrt{42}}, \frac{\pm 3 \pm j7}{\sqrt{42}}, \right. \\ \left. \frac{\pm 3 \pm j5}{\sqrt{42}}, \frac{\pm 3 \pm j3}{\sqrt{42}}, \frac{\pm 3 \pm j}{\sqrt{42}}, \frac{\pm 1 \pm j7}{\sqrt{42}}, \frac{\pm 1 \pm j5}{\sqrt{42}}, \frac{\pm 1 \pm j3}{\sqrt{42}}, \frac{\pm 1 \pm j}{\sqrt{42}} \right\}$$

따라서 다음의 수학식 12와 같은 추정값을 얻는다.

수학식 12

$$\widehat{S}_{l,i} = \frac{1}{\sqrt{42}} \left[f_{i,64QAM} \frac{\text{Re}(\widetilde{S_{l,i}})}{\sqrt{42} \sigma^2} + j f_{i,64QAM} \left(\frac{\text{Im}(\widetilde{S_{l,i}})}{\sqrt{42} \sigma^2} \right) \right]$$

여기서, $f_{x,64QAM}$ 은 수학식 13으로 표현된다.

수학식 13

$$f_{x,64QAM} = \frac{7k_7 \sinh(7x) + 5k_5 \sinh(5x) + 3k_3 \sinh(3x) + \sinh(x)}{k_7 \cosh(7x) + 5k_5 \cosh(5x) + 3k_3 \cosh(3x) + \cosh(x)}$$

또한, 수학식 13에서 k_n 는 수학식 14로 표현된다.

수학식 14

$$k_n = \exp\left[-\frac{(n^2-1)c}{84\sigma^2}\right], \quad n = 7, 5, 3,$$

$$c = \frac{\left(|a_{1,1}|^2 + |a_{1,2}|^2 + |a_{2,1}|^2 + |a_{2,2}|^2\right)}{\left(|a_{1,3}|^2 + |a_{1,4}|^2 + |a_{2,3}|^2 + |a_{2,4}|^2\right)}$$

[0057]

[0058]

이상과 같은 방법으로 두 기지국(110,120)의 간섭 신호를 추정하여 이를 취소하는 것을 반복 수행함으로써 정확도를 높일 수 있다.

[0059]

이하에서는 상기에서 제안한 본 발명에 따른 G-STBC를 사용한 기지국 협력 전송 방법의 다이버시티 이득과 전송률을 비교한 결과를 살펴본다.

[0060]

먼저, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 기지국 협력 전송 방법과 기존의 방법에 대한 다이버시티 이득과 전송률을 비교한 그래프이다. 이는 첫 번째 홉의 V-BLAST, STBC, G-STBC 기법에 대하여 변조 방법을 달리한 결과를 나타낸다. 본 발명의 G-STBC 기법에 QPSK 변조를 사용한 결과의 전송률(R)은 2와 같다.

[0061]

그리고, 두 번째 홉에서는 풀 레이트, 풀 다이버시티를 얻기 위해 Alamouti STBC를 사용한다. 중계기를 사용하는 네트워크에서 종단 대 종단 전송의 경우, 중계기의 위치에 따라 성능이 좌우가 된다. 따라서, 이동국에서 좋은 성능을 보이기 위해서는 중계기의 신뢰적인 복호 과정이 필요하게 된다. 다이버시티 이득만을 고려했을 때, 한 개의 수신 안테나를 가지는 Alamouti 기법은 G-STBC ZF 검출 기법과 동일한 이득을 보이고 최적의 방법인 MLD 기법을 사용하면 2개의 수신 안테나를 사용하는 Alamouti 기법과 같은 이득을 보인다.

[0062]

따라서, 전송률과 다이버시티 오더를 고려한 최적의 방법을 선택할 필요가 있다. 전송률이 1/2인 STBC 기법을 사용하면 최고의 다이버시티 이득을 얻지만, 본 발명에 따른 G-STBC 기법을 사용하는 경우 다이버시티 이득뿐만 아니라 빠른 전송이 가능하여 전송률과 대비하여 가장 좋은 성능을 보여준다. 특히, 셀 외곽에 위치하여 간섭과 낮은 파워를 수신하는 중계기의 경우 큰 이득을 얻을 수 있다.

[0063]

이하의 두 성능 결과는 이를 더욱 뒷받침해준다. 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 기지국 협력 전송 방법에서 10dB 경로 손실이 발생하였을 경우, 협력 전송 성능 결과를 나타내는 그래프이다. 그리고, 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 기지국 협력 전송 방법에서 첫 번째 홉의 SNR이 고정되어 있을 경우, 협력 전송 성능 결과를 나타내는 그래프이다.

[0064]

도 4 및 도 5의 성능 평가에는 512개의 부반송파를 갖는 OFDM 기법을 사용하였다. 전송 채널은 첫 번째, 두 번째 홉 모두 레일리 다중 경로 페이딩 채널이다.

[0065]

두 기지국(110,120)과 중계기(130)는 앞서와 같이 2개의 안테나를 가진 다중안테나 시스템이고 사용자 단말(140)은 단일 안테나를 사용한다. 첫 번째 홉에서 변조 방법을 QPSK, 16QAM, 64QAM으로 다양하게 변화시켜 각각의 전송률을 동일하게 맞추는 후 실험 결과를 비교해 보았다. 그리고 두 번째 홉에서는 시스템 성능을 최대화하기 위하여 QPSK Alamouti STBC 기법으로 전송하였다.

[0066]

먼저, 도 4의 경우는 중계기(130)가 셀 외곽에 위치하여 간섭과 전송 파워의 감소로 인해 10dB의 신호 감쇄가 발생한 경우를 모의 실험한 것이다. 여기서 10dB의 감쇄는 간섭과 페이딩에 따른 첫 번째 홉과 두 번째 홉의 상대적인 차이이다. 단일 기지국 전송의 경우는 V-BLAST, Alamouti STBC 기법으로 전송하고 기지국 협력 전송의 경우 1/2, 3/4 STBC, G-STBC 기법으로 전송한다.

[0067]

도 4의 결과를 통해, 본 발명에서 제시한 G-STBC 기법을 사용하는 기지국 협력 전송 방법이 기존의 STBC 기법을 사용하는 기지국 협력 전송에 비하여 성능이 우수함을 알 수 있다. 종단 대 종단에서 경로 손실이 없는 경우에는 각각의 기법에 대해 성능차이가 크지 않은 것으로 보인다. 그러나, 10dB의 경로 손실이 발생할 경우 21dB 보다 높은 SNR 영역에서는 STBC 기법이 높은 다이버시티 차수로 인해 우수한 성능을 나타낸다. 반대로, 21dB보다 낮은 SNR 영역 즉, 간섭이 많은 열악한 환경에서는 G-STBC 기법이 STBC 기법보다 우수한 성능을 나타낸다. 모의 실험 결과에 따르면, 셀 외곽에서 간섭이 발생하였을 경우 본 발명에서 제시한 G-STBC 기법을 사용한 기지국 협

력이 유리함을 알 수 있다.

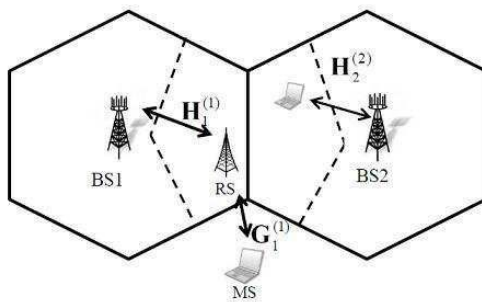
- [0068] 도 5는 기지국 협력에서 각각의 전송기법에 따른 낮은 SNR에 따른 중단 대 중단 전송의 성능을 알아보기 위한 모의 실험이다. 모의 실험을 수행하기 위해서 중계기(130)에서 수신하는 SNR은 10dB 및 15dB로 고정하고, 중계기(130)와 사용자 단말(140) 사이의 SNR은 0dB부터 30dB까지 증가하도록 제한하였다.
- [0069] 10dB로 고정된 SNR 조건에서는, 본 발명에서 제시된 G-STBC 기법을 사용한 기지국 협력 전송 방법이 가장 좋은 성능을 나타내고, 15dB의 SNR 조건에서는 기존의 STBC를 활용한 기지국 협력 전송 기법이 좋은 성능을 보여준다. 도 5의 결과에서 SNR이 증가함에 따라 플로우가 발생하게 되는데 그 이유는 중계기(130)의 디코딩 성능이 사용자 단말(140)에 영향을 미치기 때문이다.
- [0070] 이러한 결과를 통하여 기지국 협력 통신을 할 때 셀 외곽에 위치하여 간섭이 많은 경우에는 낮은 SNR에서 좋은 성능을 보여주는 G-STBC 기법을 통해 시스템 성능을 높일 수 있음을 알 수 있다. 다시 말해서, 중계기(130)가 설치된 셀 기반의 환경에서 기존의 기지국 협력 전송이 전송물의 심각한 저하가 있었던 것과는 달리, 본 발명의 실시예 따른 G-STBC를 활용한 기지국 협력 전송 방법은 전송물의 저하를 막을 수 있을 뿐만 아니라 다이버시티 이득과 전송물의 증가를 동시에 얻을 수 있는 이점이 있다.
- [0071] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능한 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

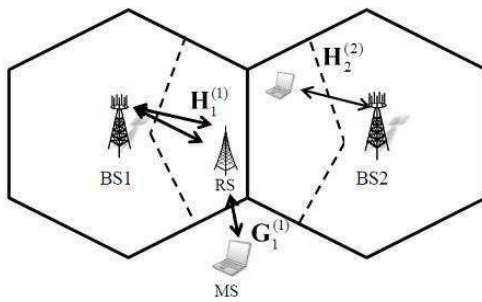
- [0072]
- | | |
|----------------|------------|
| 100: 협력 전송 시스템 | 110: 제1기지국 |
| 111: 제1안테나 | 112: 제2안테나 |
| 120: 제2기지국 | 121: 제3안테나 |
| 122: 제4안테나 | 130: 중계기 |
| 131: 제5안테나 | 132: 제6안테나 |
| 140: 사용자 단말 | |

도면

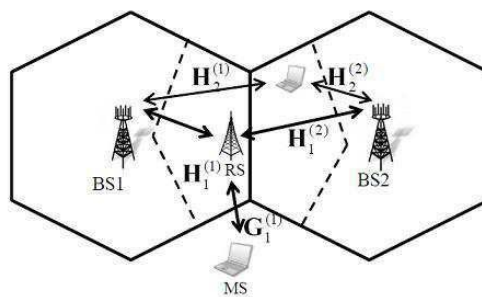
도면1



Single BS (a) : STBC transmission rate=1

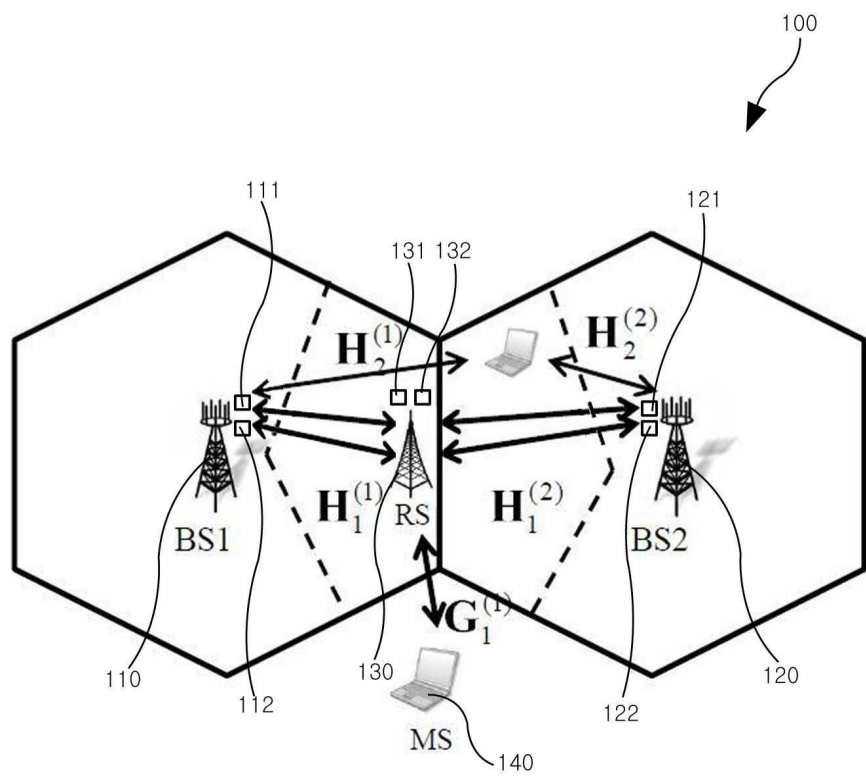


Single BS (b) : V-BLAST transmission rate=2



Multiple BS (c) : STBC transmission rate=1/2, 3/4

도면2

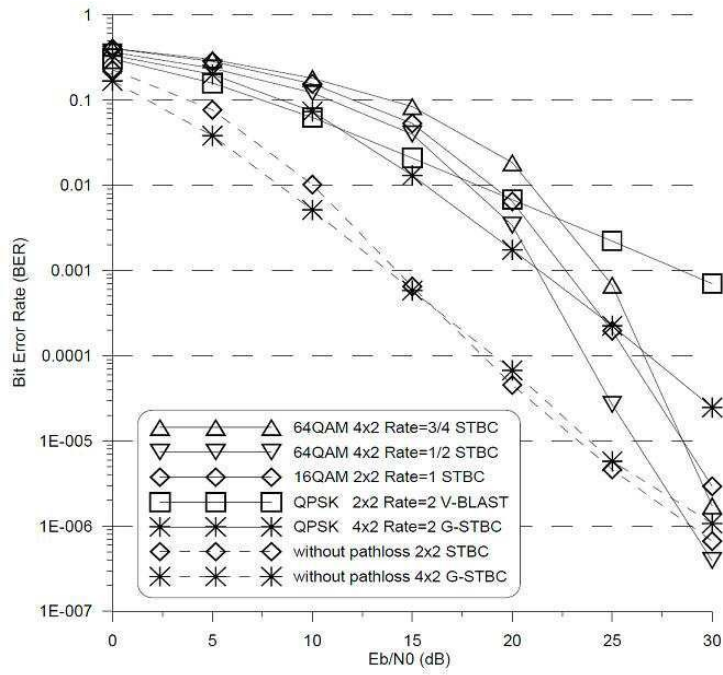


Multiple BS : G-STBC transmission rate=2

도면3

System 1-hop	Number of Antennas ($M_t \times M_r$)	Transmission Time (T)	Diversity Order	Rate (R)	Adaptive Modulation Scheme
VBLAST	2×2	1	M_r	2	QPSK
STBC	2×2	2	$M_t M_r$	1	16QAM
STBC	4×2	4	$2M_t M_r$	3/4	64QAM
STBC	4×2	8	$2M_t M_r$	1/2	64QAM
G-STBC	4×2	2	$2M_t (\frac{M_r}{2})$	2	QPSK

도면4



도면5

