(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0038281
(43) 공개일자 2009년04월20일

(51) Int. Cl.
H04B 7/26 (2006.01) *H04B 7/14* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0103696
(22) 출원일자 2007년10월15일
심사청구일자 2007년10월15일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울 광진구 군자동 98 세종대학교
(72) 발명자
안호정
서울 성동구 금호동1가 벽산아파트 503-305
송형규
경기 성남시 분당구 서현동 91 한양아파트 320동 303호
(74) 대리인
리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 7 항

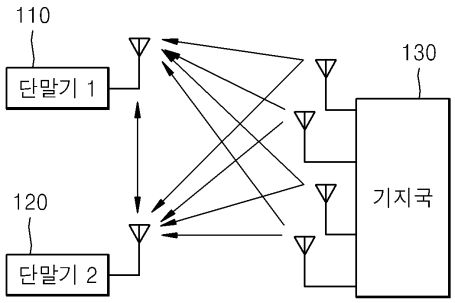
(54) 하향 링크에서의 협동 전송 시스템

(57) 요 약

본 발명은 하향 링크에서의 협동 전송 시스템을 개시한다.

본 발명에 의하면, 본 발명에 따른 의사-직교 STBC는 수신단에서 심볼 단위의 복호가 가능하여 변조된 방식보다 확장된 성상도를 필요로 하지 않으며, 복잡도가 비슷한 종래의 의사-직교 STBC보다 향상된 성능 또한 제공한다. 그리고 이를 OFDMA 시스템 하향 링크 협동 전송 기법에 적용함으로써 단일 안테나를 사용하는 단말기가 주변의 다른 단말기들을 이용하여 협동 전송을 하게 되어, 중계 단말기의 안테나를 마치 자신의 다중 안테나와 같이 사용할 수 있게 된다. 또한 주 채널과 중계 채널의 환경에 따라 협동 전송 기법을 달리 함으로써 OFDMA 시스템 하향 링크에서의 성능을 개선시키고 전송 품질을 향상시킬 수 있다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

주단말기와 중계단말기에 전송할 정보를 소정 방식의 코드에 적용한 신호를 각각의 단말기에 할당된 부반송파 대역에 실어 복수의 안테나를 통해 동시에 전송하며, 상기 중계단말기에게는 주단말기에 관한 정보를 추가로 전송하여 주단말기로 신호를 중계할 것을 명령하는 기지국; 및

상기 기지국으로부터 전송되는 주단말기와 중계단말기에 해당하는 정보를 모두 수신하여 조합 또는 복호하며, 주단말기로 동작할 때에는 다른 중계단말기를 경유한 상기 기지국으로부터의 신호를 수신하고, 상기 기지국으로부터 수신한 중계단말기에 해당하는 정보를 대응하는 중계단말기로 전송하고, 중계단말기로 사용되는 경우에는 상기 기지국에서 전송된 주단말기에 관한 정보를 그 정보에 대응하는 주단말기로 전송하고 상기 기지국으로부터의 중계단말기에 관한 정보를 다른 주단말기로부터 수신하며, 주단말기 또는 중계단말기로 동작하는 각 경우에 상기 기지국으로부터의 주단말기로 전송하는 정보에 다른 중계단말기들로부터 협동전송된 신호를 조합하여 전송받은 정보를 검출하는 복합단말기;를 포함하는 것을 특징으로 하는 하향 링크에서의 협동 전송 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 기지국이 전송하는 소정 방식의 코드는 상기 복합단말기에서 복호할 때에 심볼 단위로 복호할 수 있도록 코드화된 것을 특징으로 하는 하향 링크에서의 협동 전송 시스템.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 기지국의 복수의 안테나는 4개의 안테나일 때에 상기 소정 방식의 코드는 4개의 안테나를 통해 전송되는 신호 심볼이 s_1, s_2, s_3, s_4 일 때에,

$$S=\begin{pmatrix} s_1 & s_2 & s_3 & s_4 \\ -s_2^* & s_1^* & -s_4^* & s_3^* \\ -s_3^* & -s_4^* & s_1^* & s_2^* \\ s_4 & -s_3 & -s_2 & s_1 \end{pmatrix}$$

으로 표시되며, 이때에

$$s_1=\frac{c_1+c_4}{\sqrt{2}},\ s_2=\frac{c_2+c_3}{\sqrt{2}},\ s_3=\frac{c_2-c_3}{\sqrt{2}},\ s_4=\frac{c_1-c_4}{\sqrt{2}}$$

이며, c_1, c_2, c_3, c_4 는 기지국에서 원래 보내고자 하는 정보에 대한 심볼이고,

상기 복합단말기에서는 상기 기지국으로부터 전송되는 신호를 수신하여 심볼 단위로 복호하는 것을 특징으로 하는 하향 링크에서의 협동 전송 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 c_3와 c_4의 성상도의 성상도는 상기 c_1과 c_2의 성상도에 비해 $\frac{\Pi}{4}$ 의 위상차가 있는 것을

특징으로 하는 하향 링크에서의 협동 전송 시스템.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 기지국은,

주단말기와 중계단말기에 전송할 정보를 상기 소정 방식의 코드에 적용하여 각각의 단말기에 할당된 부반송파 대역에 실어 해당되는 주단말기와 중계단말기에 동시에 전송하는 신호전송부; 및

중계단말기에게 상기 주단말기에 할당된 부반송파 대역에 관한 정보를 추가로 전송하고 중계단말기에게 주단말기로 신호를 중계할 것을 명령하는 중계명령전송부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 하향 링크에서의 협동 전송 시스템.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 복합단말기는,

상기 기지국으로부터 전송되는 전체 부반송파 대역에 실린 주단말기와 중계단말기에 해당하는 정보를 모두 수신하여 조합 또는 복호하는 신호수신부;

다른 중계단말기들을 경유한 상기 기지국으로부터의 주단말기에 할당된 부반송파 대역에 실린 정보를 수신하는 주단말기정보수신부;

상기 기지국으로부터 수신한 중계단말기에 해당하는 정보인 그 중계단말기에 할당된 부반송파 대역에 실린 정보를 대응 중계단말기로 전송하는 중계단말기정보전송부; 및

상기 기지국으로부터의 주단말기로 전송하는 정보와 다른 중계단말기들로부터 협동전송된 신호를 조합하여 주단말기가 수신할 정보를 검출하는 신호검출부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 하향 링크에서의 협동 전송 시스템.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 복합단말기는,

상기 기지국으로부터 전송되는 전체 부반송파 대역에 실린 주단말기와 중계단말기에 해당하는 정보를 모두 수신하여 조합 또는 복호하는 신호수신부;

상기 기지국에서 전송된 정보 중 주단말기에 관한 정보를 그 정보에 대응하는 주단말기로 전송하는 주단말기정보전송부;

상기 기지국에서 주단말기의 중계단말기에 관한 정보를 주단말기로부터 수신하는 중계단말기정보수신부; 및

상기 기지국으로부터의 주단말기로 전송하는 정보에 다른 중계단말기들로부터 협동전송된 신호를 조합하여 전송받은 정보를 검출하는 신호검출부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 하향 링크에서의 협동 전송 시스템.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 무선 통신에 관한 것으로서, 더 자세하게는, 예를 들면 직교 주파수 분할 다중 변조 액세스(Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access : OFDMA) 방식을 사용하는 OFDMA 시스템과 같은 통신 시스템의 하향 링크에서의 성능 향상을 위해 여러 단말기가 서로 협동하여 데이터를 전송하는 것에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 차세대 무선 시스템 전송 기술로 현재 주목받는 것은 송수신단에 설치된 여러 개의 안테나를 이용해 대역폭의 증가 없이 전송 속도 증가와 성능 개선 등이 가능한 다중 입출력 방식이다.

<3> 다중 입출력 방식은 시공간 부호를 서로 한 심볼 간격의 지연을 가지면서 여러 개의 전송 안테나를 통해 동시에 전송한다. 다중 입출력 기법은 간단한 연산으로 시공간 다이버시티 효과를 얻을 수 있어 성능 개선은 가능하지만, 현재의 단말 시스템 구조를 그대로 사용하지 못하고 여러 개의 안테나를 추가해야 하므로 그로인한 단말기의 크기와 비용, 하드웨어의 복잡성이 증가하는 등의 단점이 있다. 더구나 각각의 안테나 사이에 충분한 공간이 확보되지 않으면 시공간 부호의 직교성이 깨지게 되어 원하는 성능을 이끌어 내지 못한다.

<4> 즉, 차세대 무선 시스템의 전송 기술로 종래에 주목받던 다중 입출력 방식 기법은 하나 이상의 안테나를 사용해야한다는 면에서 크기, 비용, 복잡성이라는 약점이 있다.

<5> 또한, 종래의 의사-직교 STBC(Quasi-Orthogonal Space Time Block Codes)는 수신단에서 신호 복호 시에 하나의 심볼 단위로 행해지는 것이 아닌 심볼들의 쌍으로 이루어지기 때문에 수신단에서는 변조된 방식보다 확장된 성상도를 사용하여야 하고, 이로 인해 성능 감쇄가 발생한다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<6> 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는, 상기의 문제점들을 해결하기 위해, 수신단에서 심볼 단위의 복호가 가능한 새로운 부호를 사용하여 단일 안테나를 사용하는 단말기끼리 협동 전송함으로써 다중 입출력 방식의 문제점을 해결할 수 있는 하향 링크에서의 협동 전송 시스템을 제공하는 데 있다.

과제 해결수단

<7> 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명에 의한, 하향 링크에서의 협동 전송 시스템은, 주단말기와 중계단말기에 전송할 정보를 소정 방식의 코드에 적용한 신호를 각각의 단말기에 할당된 부반송파 대역에 실어 복수의 안테나를 통해 동시에 전송하며, 상기 중계단말기에게는 주단말기에 관한 정보를 추가로 전송하여 주단말기로 신호를 중계할 것을 명령하는 기지국; 및 상기 기지국으로부터 전송되는 주단말기와 중계단말기에 해당하는 정보를 모두 수신하여 복호하며, 주단말기로 동작할 때에는 다른 중계단말기를 경유한 상기 기지국으로부터의 신호를 수신하고, 상기 기지국으로부터 수신한 중계단말기에 해당하는 정보를 대응하는 중계단말기로 전송하고, 중계단말기로 사용되는 경우에는 상기 기지국에서 전송된 주단말기에 관한 정보를 그 정보에 대응하는 주단말기로 전송하고 상기 기지국으로부터의 중계단말기에 관한 정보를 다른 주단말기로부터 수신하며, 주단말기 또는 중계단말기로 동작하는 각 경우에 상기 기지국으로부터의 주단말기로 전송하는 정보에 다른 중계단말기들로부터 협동전송된 신호를 조합하여 전송받은 정보를 검출하는 복합단말기;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

<8> 이때에 상기 기지국이 전송하는 소정 방식의 코드는 상기 복합단말기에서 복호할 때에 심볼 단위로 복호할 수 있도록 코드화된 것이다.

<9> 또한 상기 기지국은, 주단말기와 중계단말기에 전송할 정보를 상기 소정 방식의 코드를 이용하여 각각의 단말기에 할당된 부반송파 대역에 실어 해당되는 주단말기와 중계단말기에 동시에 전송하는 신호전송부; 및 중계단말기에게 상기 주단말기에 할당된 부반송파 대역에 관한 추가적인 정보를 전송하고 중계단말기에게 주단말기로 신호를 중계할 것을 명령하는 중계명령전송부;를 포함한다.

<10> 그리고 상기 복합단말기는, 상기 기지국으로부터 전송되는 전체 부반송파 대역에 실린 주단말기와 중계단말기에 해당하는 정보를 모두 수신하여 조합 또는 복호하는 신호수신부; 다른 중계단말기들을 경유한 상기 기지국으로부터의 주단말기에 할당된 부반송파 대역에 실린 정보를 수신하는 주단말기정보수신부; 상기 기지국으로부터 수신한 중계단말기에 해당하는 정보인 그 중계단말기에 할당된 부반송파 대역에 실린 정보를 대응 중계단말기로 전송하는 중계단말기정보전송부; 및 상기 기지국으로부터의 주단말기로 전송하는 정보와 다른 중계단말기들로부터 협동전송된 신호를 조합하여 주단말기가 수신할 정보를 검출하는 신호검출부;를 포함하며, 그와 동시에 상기 복합단말기는, 상기 기지국으로부터 전송되는 전체 부반송파 대역에 실린 주단말기와 중계단말기에 해당하는 정보를 모두 수신하여 조합 또는 복호하는 신호수신부; 상기 기지국에서 전송된 정보 중 주단말기에 관한 정보를 그 정보에 대응하는 주단말기로 전송하는 주단말기정보전송부; 상기 기지국에서 주단말기의 중계단말기에 관한 정보를 주단말기로부터 수신하는 중계단말기정보수신부; 및 상기 기지국으로부터의 주단말기로 전송하는 정보에 다른 중계단말기들로부터 협동전송된 신호를 조합하여 전송받은 정보를 검출하는 신호검출부;를 포함한다.

효 과

<11> 본 발명에 의하면, 본 발명에 따른 의사-직교 STBC는 수신단에서 심볼 단위의 복호가 가능하여 변조된 방식보다 확장된 성상도를 필요로 하지 않으며, 복잡도가 비슷한 종래의 의사-직교 STBC보다 향상된 성능 또한 제공한다. 그리고 이를 OFDMA 시스템 하향 링크 협동 전송 기법에 적용함으로써 단일 안테나를 사용하는 단말기가 주변의 다른 단말기들을 이용하여 협동 전송을 하게 되어, 중계 단말기의 안테나를 마치 자신의 다중 안테나와 같이 사용할 수 있게 된다. 또한 주 채널과 중계 채널의 환경에 따라 협동 전송 기법을 달리 함으로써 OFDMA 시스템 하향 링크에서의 성능을 개선시키고 전송 품질을 향상시킬 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<12> 이하에서 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 일 실시예를 상세히 설명한다. 이하에서는 본 발명에 따라 변형된 의사-직교 STBC를 이용하며, 본 발명에 따른 협동 전송 기법을 적용한 OFDMA 시스템 하향 링크에 대한 예를 들어 상세히 설명한다.

<13> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 통신 시스템의 전체적인 구성의 일 실시예인 본 발명에 따른 OFDMA 시스템 하향 링크의 협동 전송을 위한 구성을 개략적으로 도시한 것이다.

<14> 도 1에서 보는 바와 같이 본 발명에서는 다중 안테나를 사용하는 기지국(130)이 본 발명에 의해 제시된 새로운 의사-직교(Quasi-Orthogonal) STBC를 적용한 신호를 동시에 모든 단말기에 전송하고, 단일 안테나를 가진 단말기(110, 120)를 복수 개 이용하여 다중 안테나를 가진 단말기와 동일한 효과를 발생시키고 있다.

<15> 도 2는 본 발명에 따른 복합단말기의 일실시예의 구성을 도시한 블록도이다.

<16> 본 발명에 따른 복합단말기는 신호수신부(201), 주단말기정보수신부(202), 중계단말기정보전송부(203), 주단말기정보전송부(204), 중계단말기정보수신부(205) 및 신호검출부(206)를 포함하여 구성된다.

<17> 신호수신부(201)는 본 발명에 따른 복합단말기가 주단말기나 중계단말기로 사용되는 경우에 기지국으로부터 주단말기와 중계단말기에 해당하는 정보를 모두 수신하여 조합 또는 복호한다. 구체적으로 전체 부반송파 대역에 실린 모든 정보를 주단말기와 중계단말기가 모두 수신하게 된다.

<18> 주단말기정보수신부(202)는 본 발명에 따른 복합단말기가 주단말기로 사용되는 경우에 이용되며, 기지국에서 다른 중계단말기의 (이 중계단말기도 본 발명에 따른 기능을 포함할 수 있다. 이하 모든 다른 중계단말기에 대해 마찬가지임) 신호수신부로 전송된 주단말기에 관한 정보, 구체적으로는 주단말기에 할당된 부반송파 대역에 실린 정보를 그 다른 중계단말기로부터 수신한다.

<19> 중계단말기정보전송부(203)는 본 발명에 따른 복합단말기가 주단말기로 사용되는 경우에 이용되며, 기지국에서 주단말기의 신호수신부(201)로 전송된 중계단말기에 관한 정보, 구체적으로는 중계단말기에 할당된 부반송파 대역에 실린 정보를 그 다른 중계단말기로 전송한다.

<20> 주단말기정보전송부(204)는 본 발명에 따른 단말기가 중계단말기로 사용되는 경우에 이용되며, 기지국에서 중계단말기의 신호수신부(201)로 전송된 다른 주단말기(이 주단말기도 본 발명에 따른 기능을 포함할 수 있다. 이하 모든 다른 주단말기에 대해 마찬가지임)에 관한 정보를 그 정보에 해당되는 다른 주단말기로 전송한다.

<21> 중계단말기정보수신부(205)는 본 발명에 따른 복합단말기가 중계단말기로 사용되는 경우에 이용되며, 기지국에서 다른 주단말기의 신호수신부로 전송된 중계단말기에 관한 정보를 그 다른 주단말기로부터 수신한다.

<22> 상기와 같이 동작하여 본 발명에 따른 복합단말기는 같은 정보를 동시에 복수의 단말들이 협동하여 전송하는 하향 링크에서의 협동 전송을 가능하게 한다.

<23> 신호검출부(206)는 본 발명에 따른 복합단말기가 기지국으로부터 수신된 정보와 다른 단말들로부터 협동 전송된 정보를 조합하여 신호를 검출한다. 결과적으로 신호를 전송한 기지국으로부터의 정보를 수신하여 검출하고, 중계자 역할을 하는 다른 단말기들을 경유하여 기지국으로부터 전송된, 즉 협동 전송된 신호로부터 정보를 검출하는 것이다.

<24> 본 발명에 따른 도 2의 복합단말기는 주단말기(210)와 중계단말기(220)의 기능을 모두 수행하며, 중계단말기의 역할이 종료되면 주단말기 기능을 하게 되고, 반대로 주단말기의 기능이 종료되면 중계단말기 역할을 하게 되는 것이다. 또한 신호전송부(201)와 신호검출부(206)는 주단말기나 중계단말기로 동작할 때에 모두 사용되는 기능

이 된다.

<25> 도 3은 본 발명에 따른 기지국의 일실시예의 구성을 도시한 블록도이다.

<26> 본 발명의 기지국은 신호전송부(301)와 중계명령전송부(302)를 포함하여 구성된다.

<27> 신호전송부(301)는 주단말기와 중계단말기에 전송할 정보를 본 발명에 따른 의사-직교 STBC에 적용하여 각각 할당된 부반송파 대역에 실어 주단말기와 중계단말기에 동시에 전송한다.

<28> 중계명령전송부(302)는 중계단말기에게 주단말기에 관한 정보, 즉 주단말기에 할당된 부반송파 대역에 실린 정보를 전송하며, 중계단말기에게 주단말기의 신호를 중계할 것을 명령한다.

<29> 도 4는 본 발명에 따른 복합단말기가 협동 전송하는 방법의 일실시예를 도시한 것으로, 본 발명의 복합단말기가 주단말기로서의 기능을 하는 경우의 협동 전송 방법을 도시한 것이다.

<30> 먼저, 주단말기는 신호수신부(201)를 통하여 전체 부반송파 대역에 실린 정보를 기지국으로부터 수신한다. 즉, 주단말기의 정보뿐만 아니라 중계단말기의 정보도 동시에 수신한다(401 단계).

<31> 주단말기정보수신부(202)는 기지국에서 다른 중계단말기의 신호수신부로 전송된 주단말기의 정보를 다른 중계단말기로부터 수신한다(402 단계).

<32> 중계단말기정보전송부(203)는 기지국에서 주단말기의 신호수신부(201)로 전송된 중계단말기의 정보를 그에 대응하는 다른 중계단말기로 전송한다(403 단계).

<33> 신호검출부(206)는 주단말기가 기지국과 각 중계단말기로부터 수신한 신호를 조합하여 검출한다(404 단계).

<34> 도 5는 본 발명에 따른 복합단말기가 협동 전송하는 방법의 일실시예를 도시한 것으로, 본 발명의 복합단말기가 중계단말기로서의 기능을 하는 경우의 협동 전송 방법을 도시한 것이다.

<35> 먼저, 중계단말기는 신호수신부(201)를 통하여 전체 부반송파 대역에 실린 정보를 기지국으로부터 수신한다. 즉, 중계단말기의 정보뿐만 아니라 주단말기의 정보도 동시에 수신한다(501 단계).

<36> 주단말기정보전송부(204)는 기지국에서 중계단말기의 신호수신부(201)로 전송된 주단말기의 정보를 그에 대응하는 다른 주단말기로 전송한다(502 단계).

<37> 중계단말기정보수신부(205)는 기지국에서 다른 주단말기의 신호수신부로 전송된 중계단말기의 정보를 그 다른 주단말기로부터 수신한다(503 단계).

<38> 신호검출부(206)는 중계단말기가 기지국과 주단말기로부터 수신한 신호를 조합하여 검출한다(504 단계).

<39> 구체적인 실시 예를 도 6 내지 도 10을 참조하여 설명한다.

<40> 본 발명은 4개의 안테나로 구성된 기지국에서 본 발명에 따른 새로운 의사-직교 STBC를 적용한 신호를 단일 안테나를 사용하는 복수 단말기들에 전송하고, 이 단말기들이 각각 신호를 송수신하는 방법을 제안한다. 또한 협동 전송 시 Amplify-and-forward 와 Decode-and-forward 기법을 모두 사용하여 각 기법들의 성능 차이를 살펴본다. 먼저, 4개의 전송 안테나를 위한 기존의 의사-직교 STBC는 다음과 같다.

수학식 1

<41>
$$S=\begin{pmatrix} s_1 & s_2 & s_3 & s_4 \\ -s_2^* & s_1^* & -s_4^* & s_3^* \\ -s_3^* & -s_4^* & s_1^* & s_2^* \\ s_4 & -s_3 & -s_2 & s_1 \end{pmatrix}$$

<42> 이 부호의 경우 수신단에서 신호 복호 시 하나의 심볼 단위로 행해지는 것이 불가능하기 때문에, 복호는 심볼들의 쌍 (s_1, s_4)와 (s_2, s_3)으로 이루어진다. 수신단에서 심볼들의 쌍이 아닌 각각 하나의 심볼 단위로 복호화 하기 위해, 위의 부호를 다음과 같이 변형한다.

수학식 2

$$s_1=\frac{c_1+c_4}{\sqrt{2}},\ s_2=\frac{c_2+c_3}{\sqrt{2}},\ s_3=\frac{c_2-c_3}{\sqrt{2}},\ s_4=\frac{c_1-c_4}{\sqrt{2}}$$

<43>

<44> 여기서 c_1, c_2, c_3, c_4 는 기지국에서 원래 보내고자 하는 정보이며, 4개의 안테나를 통해 전송되는 신호는 s_1, s_2, s_3, s_4 가 된다. c_1과 c_2의 성상도는 도 6a와 같고, c_3와 c_4의 성상도는 도 6b 이다. 즉, c_3와 c_4의 성상도는 도 6(a)에서 $\frac{\Pi}{4}$ 만큼 위상이 돌아가 있다. c_1과, c_2, c_3와 c_4의 성상도가 서로 다르기 때문에, 실제로 전송되는 신호인 s_1, s_2, s_3, s_4 는 0 값을 갖지 않는다.

<45> 도 6c는 종래의 의사-직교 STBC에서 사용되는 상성도이다.

<46> 위와 같은 새로운 의사-직교 STBC가 적용된 신호가 단일 안테나를 사용하는 단말기에 수신되면, 수신된 신호는 다음과 같다.

수학식 3

$$\begin{aligned}
r_1&=H_1\cdot s_1+H_2\cdot s_2+H_3\cdot s_3+H_4\cdot s_4+n_1\\
r_2&=H_1\cdot(-s_2^*)+H_2\cdot s_1^*+H_3\cdot(-s_4^*)+H_4\cdot s_3^*+n_2\\
r_3&=H_1\cdot(-s_3^*)+H_2\cdot(-s_4^*)+H_3\cdot s_1^*+H_4\cdot s_2^*+n_3\\
r_4&=H_1\cdot s_4+H_2\cdot(-s_3)+H_3\cdot(-s_2)+H_4\cdot s_1+n_4
\end{aligned}$$

<47>

<48> 여기서 H_m은 기지국의 m 번째 전송 안테나를 통과한 채널이며, n_m은 그에 해당하는 AWGN(Additive White Gaussian Noise)이 된다. 또한, 여기에서 사용되는 수식에는 Hadamard 곱이 사용된다. 이 신호들을 수신한 단말기의 복호기는 다음과 같은 수식을 이용하여 기지국에서 전송된 심볼들, c_1, c_2, c_3, c_4을 추정한다.

수학식 4

$$\begin{aligned}
f(c_1)&=H_1^*\cdot r_1+H_2\cdot r_2^*+H_3\cdot r_3^*+H_4^*\cdot r_4+H_4^*\cdot r_1-H_3\cdot r_2^*-H_2\cdot r_3^*+H_1^*\cdot r_4\\
f(c_4)&=H_1^*\cdot r_1+H_2\cdot r_2^*+H_3\cdot r_3^*+H_4^*\cdot r_4-H_4^*\cdot r_1+H_3\cdot r_2^*+H_2\cdot r_3^*-H_1^*\cdot r_4\\
f(c_2)&=H_2^*\cdot r_1-H_1\cdot r_2^*+H_4\cdot r_3^*-H_3^*\cdot r_4+H_3^*\cdot r_1+H_4\cdot r_2^*-H_1\cdot r_3^*-H_2^*\cdot r_4\\
f(c_3)&=H_2^*\cdot r_1-H_1\cdot r_2^*+H_4\cdot r_3^*-H_3^*\cdot r_4-H_3^*\cdot r_1-H_4\cdot r_2^*+H_1\cdot r_3^*+H_2^*\cdot r_4
\end{aligned}$$

<49>

수학식 5

$$G_{C_1}=\left(\sum_{m=1}^{4}|H_m|^2+H_1\cdot H_4^*+H_1^*\cdot H_4-H_2\cdot H_3^*-H_2^*\cdot H_3\right)\times\sqrt{2}$$

$$G_{C_4}=\left(\sum_{m=1}^{4}|H_m|^2-H_1\cdot H_4^*-H_1^*\cdot H_4+H_2\cdot H_3^*+H_2^*\cdot H_3\right)\times\sqrt{2}$$

<50>

$$G_{C_2}=\left(\sum_{m=1}^{4}|H_m|^2-H_1\cdot H_4^*-H_1^*\cdot H_4+H_2\cdot H_3^*+H_2^*\cdot H_3\right)\times\sqrt{2}$$

$$G_{C_3}=\left(\sum_{m=1}^{4}|H_m|^2+H_1\cdot H_4^*+H_1^*\cdot H_4-H_2\cdot H_3^*-H_2^*\cdot H_3\right)\times\sqrt{2}$$

<51>

<52> 상기 수학식 4는 수신된 신호들의 조합을 나타내며 수학식 5는 각각 추정된 심볼들의 이득이다. 수학식 5에서 볼 수 있는 것처럼 각 추정된 심볼의 이득은 간섭 항들과 함께 $\sqrt{2}$ 배 증가하게 된다. 그러나 이 부호를 사용함으로 인해 수신단에서는 변조된 방식보다 확장된 성상도를 필요로 하지 않는다. 즉, 심볼들을 복호하기 위해 도 6(a)와 도 6(b)를 성상도로 사용하면 된다.

<53> 도 7은 각 단말기에 할당된 부반송파 대역과 OFDMA 시스템 하향 링크에서의 협동 전송 순서를 나타낸다. 여기에서는 N 개의 부반송파를 사용하는 2개의 단말기를 고려한다. 따라서 $\frac{N}{2}$ 개의 부반송파 대역을 하나의 단말기가 사용하게 된다.

수학식 6

$$\begin{cases} \text{단말기}1:\left[\ 1\sim\dfrac{N}{2}\ \right]\ \text{부반송파 대역} \\ \text{단말기}2:\left[\dfrac{N}{2}+1\sim N\right]\ \text{부반송파 대역} \end{cases}$$

<54>

<55> 또한 협동 전송 채널, $H_{1,m},\ H_2,\ H_{3,m}\ (m=1,\ldots,4)$ 은 느린 다중 경로 페이딩 환경이라 가정한다. 그러므로 하나의 OFDM 프레임 전송 기간 동안에는 채널이 변하지 않는다.

<56> 먼저, 기지국은 단말기 1과 단말기 2의 정보, $u_{1,i}$ 와 $u_{2,i}\quad(i=1,\ldots,4)$ 를 단말기 1과 단말기 2에 동시에 4번의 연속적인 시간동안 전송한다.

수학식 7

$$u_{l,1}=\frac{x_{l,1}+x_{l,4}}{\sqrt{2}},\ u_{l,2}=\frac{x_{l,2}+x_{l,3}}{\sqrt{2}},\ u_{l,3}=x_{l,2}-x_{l,3}\frac{}{\sqrt{2}},\ u_{l,4}=\frac{x_{l,1}-x_{l,4}}{\sqrt{2}},\ l=1,2$$

<57>

<58> 여기서 $x_{1,i}$ 와 $x_{2,i}$ 는 상기 수학식 2의 c_i 와 같고, $u_{1,i}$ 와 $u_{2,i}$ 는 s_i 와 같다. 또한, 도 7의

r_{U_1}과 r_{U_2}는 각각 단말기 1과 단말기 2가 수신하는 정보이다.

<59> 기지국에서의 4번의 연속적인 전송이 끝난 후, 단말기 1은 기지국으로부터 수신한 단말기 2의 신호, $v_{2,k}$ $(k=1,\ldots,4)$를 전체 부반송파 대역인 N 개의 부반송파를 사용하여 2번의 연속적인 시간동안 단말기 2에 전송한다. 단말기 1의 중계기 역할이 끝난 다음, 단말기 2 역시 기지국으로부터 수신한 단말기 1의 신호 $w_{1,k}$ $(k=1,\ldots,4)$를 전체 부반송파 대역인 N 개의 부반송파를 사용하여 2번의 연속적인 시간동안 단말기 1에 전송한다. $v_{l,k}$과 $w_{l,k}$에 대한 수식은 다음과 같으며, 이는 수학식 3과 유사하다. 즉, 수학식 3을 $\sum$ 형태로 다시 작성한 것이며, r_1 내지 r_4를 $v_{l,k}$과 $w_{l,k}$ 로, H_1 내지 H_4 를 $H_{1,1}$ 내지 $H_{1,4}$ 와 $H_{3,1}$ 내지 $H_{3,4}$로, s를 U_l 로, 그리고 n_1 내지 n_4를 $n_{1,1}$ 내지 $n_{1,4}$ 와 $n_{3,1}$ 내지 $n_{3,4}$로 대체하여 작성한 수식이다.

수학식 8

$$v_{l,k}=\sum_{m=1}^{4}(H_{1,m}\bullet U_l(k,m)+n_{1,m}),\ l=1,2;\ k=1,\ldots,4$$

$$w_{l,k}=\sum_{m=1}^{4}(H_{3,m}\bullet U_l(k,m)+n_{3,m}),\ l=1,2;\ k=1,\ldots,4$$

<60>

<61> 여기서 U_l 은 $(k\times m)$ 행렬이다 $(u_{1,i}\in U_1, u_{2,i}\in U_2)$. 본 발명에 따른 의사-직교 STBC는 최대 전송률을 제공하지만, 협동 전송으로 인해 전체 전송률은 반으로 줄어들게 된다.

<62> 협동 전송 시 Amplify-and-forward 기법을 사용할 경우, 중계단말기는 기지국에 의해 전송된 노이즈가 섞인 신호를 증폭시켜 주단말기에 재전송한다. 도 7에서 볼 수 있듯이, 단말기 1과 단말기 2가 각각 수신하는 신호의 수식은 다음과 같다.

수학식 9

$$y_{1,i}=\alpha\bullet H_2\bullet f(x_{1,i})+n_2,\ i=1,\ldots,4$$

$$y_{2,i}=\alpha\bullet H_2\bullet f(x_{2,i})+n_2,\ i=1,\ldots,4$$

<63>

<64> 여기서 $n_{1,m}, n_2, n_{3,m}$은 AWGN이며, α 는 증폭기의 이득(gain) 이다. 또한, $f(x_{1,i})$와 $f(x_{2,i})$는 수학식 4와 유사하다. 수학식 9에서 f(x1,i), f(x2,i)는 각각 수학식 4의 f(c1) 내지 f(c4)에 해당되며, 수학식 4에서 H_1 내지 H_4 를 $H_{1,1}$ 내지 $H_{1,4}$ 와 $H_{3,1}$ 내지 $H_{3,4}$로, 그리고 r_1 내지 r_4를 $v_{l,k}$과 $w_{l,k}$로 대체하여 작성한 수식이다.

<65> 협동 전송 시 Decode-and-forward 기법을 사용할 경우, 중계단말기는 기지국에 의해 전송된 노이즈가 섞인 신호를 복호한 후, 이 복호한 정보를 주단말기에 재전송한다. 도 7에서 볼 수 있듯이, 단말기 1과 단말기 2가 각각 수신하는 신호들은 다음 수식과 같다.

수학식 10

$$y_{1,i}=H_2 \cdot \tilde{x}_{1,i}+n_2,\ i=1,\ldots,4$$

$$y_{2,i}=H_2 \cdot \tilde{x}_{2,i}+n_2,\ i=1,\ldots,4$$

<66>

<67> 여기서 $\tilde{x}_{1,i}$와 $\tilde{x}_{2,i}$는 기지국으로부터 수신된 정보를 중계단말기가 복호한 신호이다. 이처럼 기지국과 중계단말기 사이의 채널에 의한 이득은 중계단말기가 수신된 신호를 복호하는 과정에서 제거된다. 그러므로 Amplify-and-forward 기법과는 달리 Decode-and-forward 기법은 최대 다이버이시티를 제공하지 못한다.

<68> 도 8에서는 본 발명에 따른 의사-직교 STBC(proposed QOSTBC)와 기존의 의사-직교 STBC(Existing QOSTBC) 사이의 BER(Bit Error Rate) 성능을 비교한다. 기존의 Quasi-OSTBC에서 사용하는 성상도는 도 6(c)와 같고, 신호 복호 시 심볼들의 쌍으로 이루어진다.

<69> 도 8에서 알 수 있는 것과 같이 종래의 경우에 비해 본 발명에 따른 의사-직교 STBC(proposed QOSTBC)를 적용하는 것이 더 좋은 성능을 제시하는 것을 알 수 있다.

<70> 도 9는 본 발명에 의해 제안된 Quasi-OSTBC를 하향 링크 협동 전송에 적용하여, 주단말기와 기지국 사이에 직접파의 손실이 없는 경우 Amplify-and-forward(A-F)와 Decode-and-forward(D-F) 기법의 BER 성능을 비교하고 있다.

<71> 일반적으로 Amplify-and-forward 기법은 주단말기와 기지국 사이에 직접파 손실이 없는 경우, 즉 중계 채널과 비교해서 채널 환경이 나쁘지 않을 경우에 Decode-and-forward 기법보다 좋은 성능을 보인다. 이와 반대로 중계 채널이 주단말기와 기지국 사이의 채널 환경보다 훨씬 좋을 경우, Decode-and-forward가 Amplify-and-forward 기법보다 더 좋은 성능을 보인다. 그러나 본 발명에 따른 의사-직교 STBC를 적용하였을 경우에는 이와 반대의 결과를 보인다. 수학식 5에서 볼 수 있는 것처럼, 추정된 심볼의 이득은 간섭 항들을 포함하고 있다. 따라서 Amplify-and-forward의 경우에는 중계기가 이 간섭 항들이 포함된 신호들을 조합하고 증폭한다. 그러나 Decode-and-forward 기법에서의 중계기는 간섭 항들이 제거된 추정 신호를 주단말기에 전송하기 때문에 더 좋은 성능을 나타내게 되어 본 발명에 따른 특이한 효과를 보이는 것이다.

<72> 도 10은 본 발명에 의해 제안된 부호를 하향 링크 협동 전송에 적용하여, 0 dB에서 10 dB까지 주단말기와 기지국 사이에 직접파의 손실에 따른 Amplify-and-forward(A-F)와 Decode-and-forward(D-F) 기법의 BER 성능을 비교하고 있다. 각 기법들은 SNR을 15 dB로 고정하였다.

<73> 도 9와 도 10에서 볼 수 있는 것처럼, 주단말기와 기지국 사이에 직접파 손실이 없거나 적을 때 Decode-and-forward 기법의 BER 성능이 더 좋다. 반대로, 직접파의 손실이 전송된 신호의 파워에 비해 상대적으로 클 경우, Amplify-and-forward 기법이 Decode-and-forward 보다 BER 성능 면에서 뛰어나다. 이는 간섭 항들의 증폭에 의한 영향보다 중계기에 의한 잘못된 detection이 직접파의 손실이 클 경우 성능에 더 큰 영향을 미침을 의미한다.

<74> 결국 본 발명은 기존의 의사-직교 STBC를 변형하여 수신단에서 신호 복호 시 심볼들의 쌍이 아닌 각각 하나의 심볼 단위로 복호화 하는 것을 가능하게 하고, 그로인해 성능을 향상시킬 수 있는 새로운 방법을 제공하며, 이를 직교 주파수 분할 다중 변조 액세스(Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access : OFDMA) 방식을 사용하는 OFDMA 시스템 하향 링크의 협동 전송 기법에 적용하여, 결론적으로 주 채널과 중계 채널의 환경에 따라 협동 전송 기법을 달리 함으로써 OFDMA 시스템 하향 링크에서의 성능을 개선시키고 전송 품질을 증대시킬 수 있게 한다.

<75> 이상에서 본 발명의 바람직한 실시 예에 대해 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 상술한 특정의 바람직한 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

<76> 또한 본 발명에 따른 상기의 각 단계는 일반적인 프로그래밍 기법을 이용하여 소프트웨어적으로 또는 하드웨어적으로 다양하게 구현할 수 있다는 것은 이 분야에 통상의 기술을 가진 자라면 용이하게 알 수 있는 것이다.

<77> 그리고 본 발명의 일부 구성들은, 또한, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, CD-RW, 자기 테이프, 플로피디스크, HDD, 광 디스크, 광자기 저장장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로 저장되고 실행될 수 있다.

산업이용 가능성

<78> 본 발명은 OFDMA과 같은 통신망 시스템에서 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

<79> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 통신 시스템의 전체적인 구성을 개략적으로 도시한 것이다.

<80> 도 2는 본 발명에 따른 복합단말기의 구성의 예를 도시한 블록도이다.

<81> 도 3은 본 발명에 따른 기지국의 구성을 도시한 블록도이다.

<82> 도 4는 본 발명에 따른 복합단말기가 주단말기로 사용되는 경우의 협동 전송 방법을 도시한 순서도이다.

<83> 도 5는 본 발명에 따른 복합단말기가 중계단말기로 사용되는 경우의 협동 전송 방법을 도시한 순서도이다.

<84> 도 6a 내지 도 6c는 본 발명에 따른 성상도와 기존의 부호에서 사용된 성상도를 도시한 것이다.

<85> 도 7은 본 발명에 따른 통신 시스템의 하향 링크에서의 협동 전송 순서를 도시한 흐름도이다.

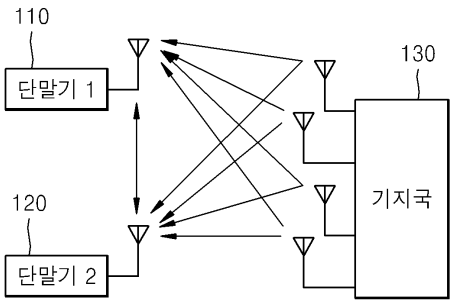
<86> 도 8은 본 발명에 따른 의사-직교 STBC와 종래의 의사-직교 OSTBC 사이의 성능을 비교한 시뮬레이션 결과 그래프이다.

<87> 도 9는 본 발명에 따른 의사-직교 STBC를 하향 링크 협동 전송에 적용하여, 주단말기와 기지국 사이에 직접파의 손실이 없는 경우 협동 전송 기법들의 성능을 비교한 시뮬레이션 결과 그래프이다.

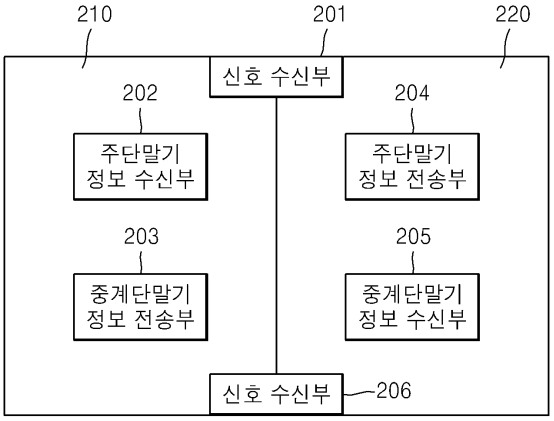
<88> 도 10은 본 발명에 따른 부호를 하향 링크 협동 전송에 적용하여, 주단말기와 기지국 사이에 직접파의 손실에 따른 협동 전송 기법들의 성능을 비교한 시뮬레이션 결과 그래프이다.

도면

도면1



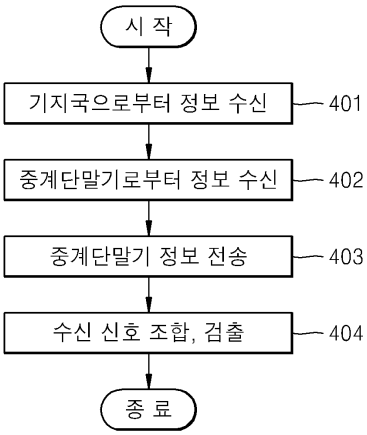
도면2


210
201
220
신호 수신부
202
주단말기 정보 수신부
204
주단말기 정보 전송부
203
중계단말기 정보 전송부
205
중계단말기 정보 수신부
신호 수신부
206

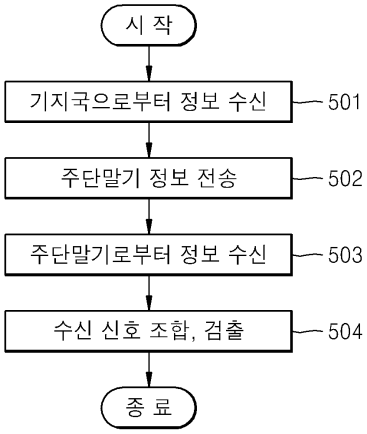
도면3


신호전송부
301
중계명령전송부
302

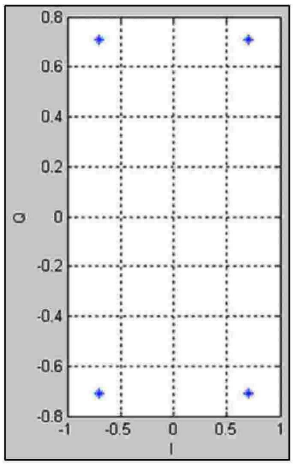
도면4


시 작
기지국으로부터 정보 수신
401
중계단말기로부터 정보 수신
402
중계단말기 정보 전송
403
수신 신호 조합, 검출
404
종 료

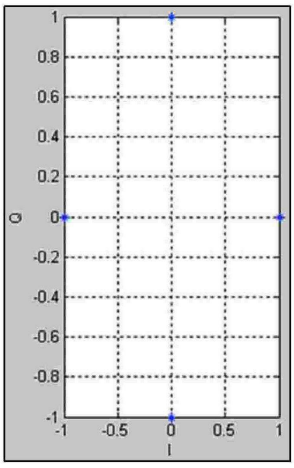
도면5



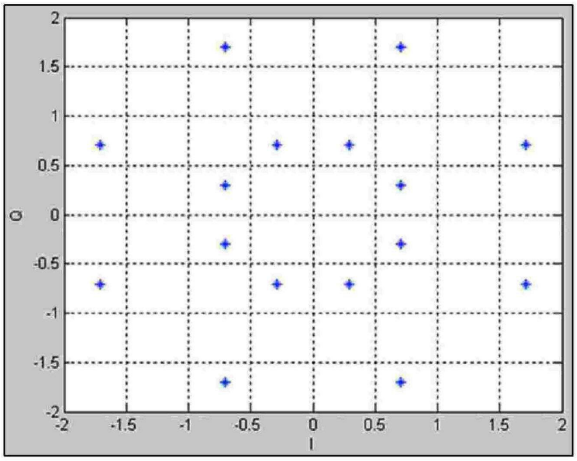
도면6a



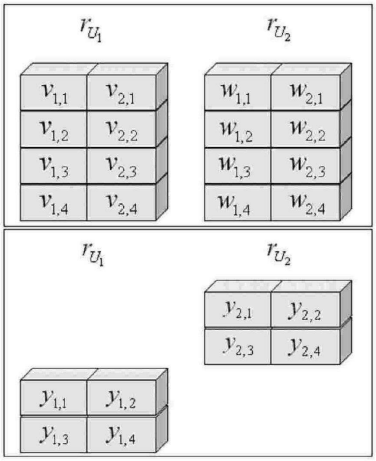
도면6b



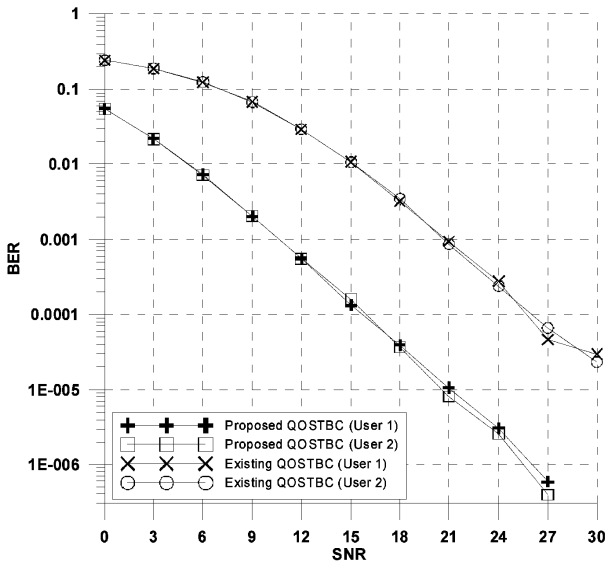
도면6c


Q
I
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
-2
-2
-1.5
-1
-0.5
0
0.5
1
1.5
2

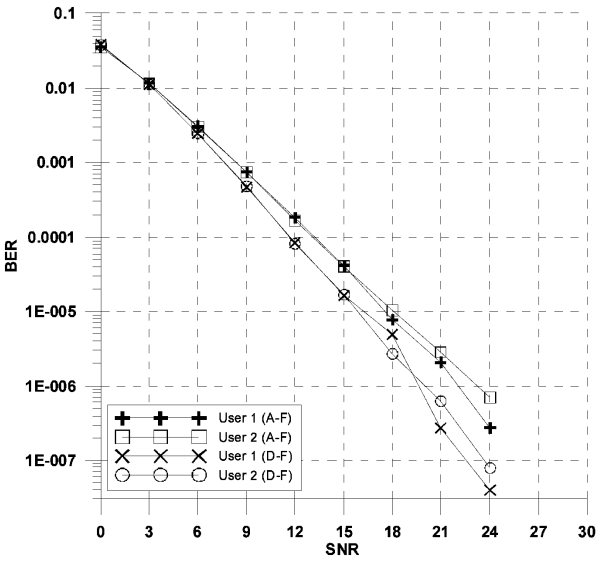
도면7


r_{U_1}
r_{U_2}
$v_{1,1}$ $v_{2,1}$
$v_{1,2}$ $v_{2,2}$
$v_{1,3}$ $v_{2,3}$
$v_{1,4}$ $v_{2,4}$
$w_{1,1}$ $w_{2,1}$
$w_{1,2}$ $w_{2,2}$
$w_{1,3}$ $w_{2,3}$
$w_{1,4}$ $w_{2,4}$
r_{U_1}
r_{U_2}
$y_{2,1}$ $y_{2,2}$
$y_{2,3}$ $y_{2,4}$
$y_{1,1}$ $y_{1,2}$
$y_{1,3}$ $y_{1,4}$

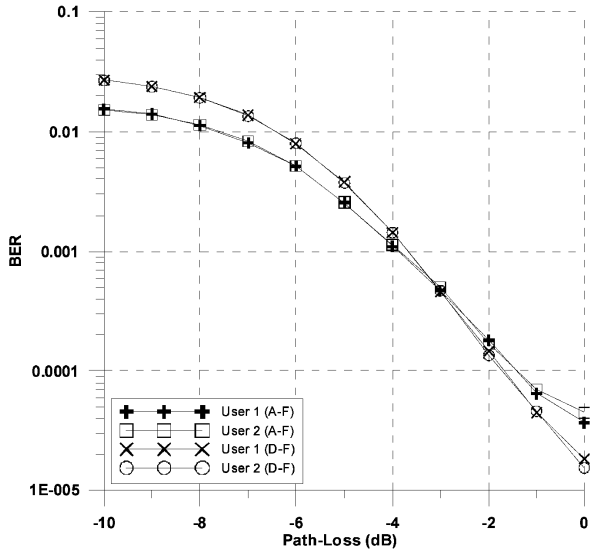
도면8


BER
SNR
1
0.1
0.01
0.001
0.0001
1E-005
1E-006
0
3
6
9
12
15
18
21
24
27
30
Proposed QOSTBC (User 1)
Proposed QOSTBC (User 2)
Existing QOSTBC (User 1)
Existing QOSTBC (User 2)

도면9


0.1
0.01
0.001
0.0001
1E-005
1E-006
1E-007
BER
0
3
6
9
12
15
18
21
24
27
30
SNR
User 1 (A-F)
User 2 (A-F)
User 1 (D-F)
User 2 (D-F)

도면10


0.1
0.01
0.001
0.0001
1E-005
BER
-10
-8
-6
-4
-2
0
Path-Loss (dB)
User 1 (A-F)
User 2 (A-F)
User 1 (D-F)
User 2 (D-F)