(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0041271
(43) 공개일자 2011년04월21일

(51) Int. Cl.
H04B 7/02 (2006.01) *H04L 27/26* (2006.01)
H04B 7/14 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0098362
(22) 출원일자 2009년10월15일
심사청구일자 2009년10월15일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울 광진구 군자동 98 세종대학교
(72) 발명자
윤재선
서울특별시 광진구 군자동 165번지 경원리치하우스 403호
송형규
경기도 성남시 분당구 서현동 한양아파트 320동 303호
유영환
서울특별시 송파구 가락동 쌍용아파트 101동 1501호
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 12 항

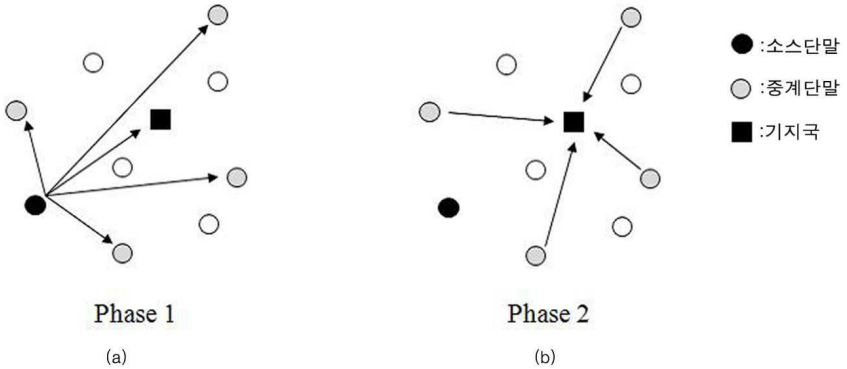
(54) OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법 및 시스템

(57) 요 약

본 발명은, 중계 단말이 소스 단말 및 기지국과 협력 통신을 수행하는 방법에 있어서, 상기 기지국으로부터 상기 소스 단말에 대한 정보를 수신하는 단계, 상기 소스 단말로부터 소스 신호를 수신하는 단계, 상기 소스 신호를 증폭시키는 단계, 그리고 상기 기지국으로부터 할당된 주파수 영역을 통하여 상기 중계 단말이 전송하고자 하는 제1 전송 신호, 제2 전송 신호 및 상기 증폭된 소스 신호를 상기 기지국에 전송하는 단계를 포함하는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법 및 시스템을 제공한다.

개시된 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법 및 시스템에 따르면, 각각의 단말기가 자신의 신호와 협력 전송을 위한 상대방 신호를 모두 전송함에 따라 전송률을 향상시킬 수 있고 단말기 상호 간의 전송전력 및 전송시간의 형평성을 유지할 수 있는 이점이 있다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 09C1-C2-10M
부처명 지식경제부
연구관리전문기관
연구사업명 유비쿼터스컴퓨팅및네트워크원천기반기술개발사업
연구과제명 상황적응 협업통신기반 Scale-free uPAN 커뮤니티 네트워크 개발
기여율
주관기관 세종대학교 산학협력단
연구기간 2009년 01월 01일 ~ 2012년 12월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

중계 단말이 소스 단말 및 기지국과 협력 통신을 수행하는 방법에 있어서,

상기 기지국으로부터 상기 소스 단말에 대한 정보를 수신하는 단계,

상기 소스 단말로부터 소스 신호를 수신하는 단계,

상기 소스 신호를 증폭시키는 단계, 그리고

상기 기지국으로부터 할당된 주파수 영역을 통하여 상기 중계 단말이 전송하고자 하는 제1 전송 신호, 제2 전송 신호 및 상기 증폭된 소스 신호를 상기 기지국에 전송하는 단계를 포함하는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 소스 단말에 대한 정보는,

상기 소스 단말에 할당된 부반송파 대역에 대한 정보인 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 소스 단말은 주변의 단말기들 중 가장 채널상태가 우수한 단말기를 상기 중계 단말로 선택하는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 소스 신호를 증폭시키는 단계는,

상기 소스 신호를 수신 전력에 대비한 송신 전력의 비로 증폭하는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 기지국에 신호를 전송하는 단계는,

제1 전송 시간에 상기 제1 전송 신호의 변조 신호를 전송하는 단계,

제2 전송 시간에 상기 제2 전송 신호와 상기 증폭된 소스 신호의 변조 신호가 결합된 제1 조합신호를 전송하는 단계, 그리고

제3 전송 시간에 상기 제1 전송 신호의 변조 신호와 상기 증폭된 소스 신호의 변조 신호가 결합된 제2 조합신호를 전송하는 단계를 포함하는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법.

청구항 6

청구항 4 또는 청구항 5에 있어서,

상기 제1, 제2 및 제3 전송시간에 순차적으로 전송되는 신호들은 아래의 수학식으로 표현되는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법:

q번째 사용자 단말기 – 중계단말기(120)

소스단말(110)의 부채널 중계단말(120)의 부채널

시간

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}_{relay}^{p} & \mathbf{x}^{q}(1)^{*} \\ -\frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}_{relay}^{p} & \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}^{q}(2) \\ & \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}^{q}(1)^{*} \end{pmatrix}^{*}$$

$$\mathbf{x}_{relay}^{p} = A_{\mathrm{r}} \cdot \mathbf{r}_{r}^{p}(t), \qquad A_{\mathrm{r}} = \frac{P_{\mathrm{tx}}}{P_{\mathrm{rx}}}$$

여기서, $\mathbf{x}^{q}(1)$, $\mathbf{x}^{q}(2)$ 는 상기 중계 단말의 첫 번째 및 두 번째 신호이고, $\mathbf{x}_{relay}^{p}$ 는 상기 증폭된 소스신호이고, A_{r} 은 수신전력(P_{rx})에 대비한 송신전력(P_{tx})의 비율인 증폭 이득이며, $\mathbf{r}_{r}^{p}(t)$ 는 상기 수신된 소스신호를 나타낸다.

청구항 7

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 기재된 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

청구항 8

중계 단말이 소스 단말 및 기지국과 협력 통신을 수행하는 시스템에 있어서,

상기 소스 단말은,

주변의 단말기들 중 가장 채널상태가 우수한 단말을 상기 중계 단말로 선택하고,

상기 기지국은,

상기 소스 단말에 대한 정보를 상기 중계 단말로 전달하고,

상기 중계 단말은,

상기 소스 단말로부터 소스 신호를 수신하여 증폭시키고, 상기 기지국으로부터 할당된 주파수 영역을 통하여 상기 중계 단말이 전송하고자 하는 제1 전송 신호, 제2 전송 신호 및 상기 증폭된 소스 신호를 상기 기지국에 전송하는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 소스 단말에 대한 정보는,

상기 소스 단말에 할당된 부반송파 대역에 대한 정보인 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템.

청구항 10

청구항 8에 있어서,

상기 중계 단말은,

상기 소스 신호를 수신 전력에 대비한 송신 전력의 비로 증폭하는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템.

청구항 11

청구항 8에 있어서,

상기 중계 단말은,

제1 전송 시간에 상기 제1 전송 신호의 변조 신호를 전송하고, 제2 전송 시간에 상기 제2 전송 신호와 상기 증폭된 소스 신호의 변조 신호가 결합된 제1 조합신호를 전송하고, 제3 전송 시간에 상기 제1 전송 신호의 변조 신호와 상기 증폭된 소스 신호의 변조 신호가 결합된 제2 조합신호를 전송하는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템.

청구항 12

청구항 10 또는 청구항 11에 있어서,

상기 제1, 제2 및 제3 전송시간에 순차적으로 전송되는 신호들은 아래의 수학식으로 표현되는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템:

$$\text{시간}\downarrow\begin{pmatrix} \overbrace{\quad}^{\text{소스단말(110)의 부채널}} & \overbrace{\quad}^{\text{중계단말(120)의 부채널}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}_{relay}^{p}{}^{*} & \mathbf{x}^{q}(1)^{*} \\ -\frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}_{relay}^{p} & \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}^{q}(2) \\ & \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}^{q}(1)^{*} \end{pmatrix}$$

(q번째 사용자 단말기 – 중계단말기(120))

$$\mathbf{x}_{relay}^{p} = A_{\mathrm{r}} \cdot \mathbf{r}_{r}^{p}(t), \qquad A_{\mathrm{r}} = \frac{P_{\mathrm{tx}}}{P_{\mathrm{rx}}}$$

여기서, $\mathbf{x}^{q}(1)$, $\mathbf{x}^{q}(2)$ 는 상기 중계 단말의 첫 번째 및 두 번째 신호이고, $\mathbf{x}_{relay}^{p}$ 는 상기 증폭된 소스신호이고, A_{r} 은 수신전력(P_{rx})에 대비한 송신전력(P_{tx})의 비율인 증폭 이득이며, $\mathbf{r}_{r}^{p}(t)$ 는 상기 수신된 소스신호를 나타낸다.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법 및 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 단일안테나를 사용하는 단말기가 인접한 단말기와 서로 협력하여 단일안테나를 사용하는 기지국으로 각각의 단말의 데이터를 전송하는 협력 전송 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 점차 증가하는 다양한 멀티미디어 전송에 대한 요구를 만족시키기 위하여, 송수신단에 모두 다수 개의 안테나들

을 사용하는 다중 안테나 기술은, 추가적인 주파수 할당이나 전력증가 없이도 통신 용량 및 송수신 성능을 획기적으로 향상시킬 수 있다.

[0003] 다중 송수신 안테나가 적용된 시공간 다이버시티 기법은, 간단한 연산으로 전송 다이버시티 효과를 얻을 수 있어 성능개선으로 인한 안정성의 증가는 가능하지만, 현재의 시스템 구조를 그대로 사용하지 못하고 다중 안테나를 사용하여야 하므로, 추가적인 안테나로 인한 공간 문제, 비용 증가, 하드웨어의 복잡성 등의 문제가 발생한다. 더욱이, 각각의 다중 안테나 간의 충분한 공간이 확보되지 않으면, 시공간 부호의 직교성이 깨지게 되어 원하는 성능을 이끌어 내지 못한다. 따라서, 실제 통신 단말기에 두 개 이상의 안테나를 적용하는 것은 단말의 크기와 비용, 그리고 하드웨어의 복잡성이라는 제약이 따르므로 실질적인 적용이 매우 어렵다.

[0004] 이러한 문제점을 극복하기 위하여, 송신단 주변의 단말들이 서로 협력하여 가상의 안테나 어레이를 형성함에 따라 다중 송수신 안테나를 사용하는 효과를 갖는 협력 통신이 현재 활발히 연구되며 주목받고 있다. 도 1은 이러한 종래의 일반적인 협력 통신을 도시한 구성도이다.

[0005] 도 1의 (a)를 참조하면, 기본적인 협력 통신은 가상의 안테나 어레이를 사용하기 위하여, 중계단말이 소스단말로부터 신호를 전달받는 과정이 필수적이다. 이에 따라, 시스템 전체의 전송률이 감소하게 된다. 따라서, 이러한 협력 통신은 공간 다이버시티 이득에 따른 비트 오율의 개선에 따라 시스템의 성능 향상을 이루는 반면, 1/2의 전송률을 가지게 되는 단점이 있다.

[0006] 또한, 기존의 협력 통신에서 사용되는 복호 후 전달(Decode-and-forward) 중계 방법은, 중계단말이 소스단말의 수신신호를 복호 후에 다시 부호화하여 재전송하기 때문에, 중계채널의 상황에 매우 민감하며, 복호 및 부호화에 따른 시간적 지연이 따르게 된다. 더욱이, 도 1의 (b)를 참조하면, 중계단말은 자신의 신호를 전송하는 것이 아니라 소스단말의 신호를 전송해야 하므로, 자신의 신호를 전송하지 않을 때 통신 자원을 소모하게 되어, 통신 자원 사용의 형평성에 문제가 발생한다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0007] 본 발명은, 중계단말이 자신의 신호와 소스단말의 신호를 함께 전송함에 따라 전송률을 향상시킬 수 있고 전송 전력 및 전송시간의 형평성을 유지할 수 있는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법 및 시스템을 제공하는데 목적이 있다.

과제 해결수단

[0008] 본 발명은, 중계 단말이 소스 단말 및 기지국과 협력 통신을 수행하는 방법에 있어서, 상기 기지국으로부터 상기 소스 단말에 대한 정보를 수신하는 단계, 상기 소스 단말로부터 소스 신호를 수신하는 단계, 상기 소스 신호를 증폭시키는 단계, 그리고 상기 기지국으로부터 할당된 주파수 영역을 통하여 상기 중계 단말이 전송하고자 하는 제1 전송 신호, 제2 전송 신호 및 상기 증폭된 소스 신호를 상기 기지국에 전송하는 단계를 포함하는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법을 제공한다.

[0009] 여기서, 상기 소스 단말에 대한 정보는, 상기 소스 단말에 할당된 부반송파 대역에 대한 정보일 수 있다. 또한, 상기 소스 단말은 주변의 단말기들 중 가장 채널상태가 우수한 단말기를 상기 중계 단말로 선택할 수 있다.

[0010] 그리고, 상기 소스 신호를 증폭시키는 단계는, 상기 소스 신호를 수신 전력에 대비한 송신 전력의 비로 증폭할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 기지국에 신호를 전송하는 단계는, 제1 전송 시간에 상기 제1 전송 신호의 변조 신호를 전송하는 단계, 제2 전송 시간에 상기 제2 전송 신호와 상기 증폭된 소스 신호의 변조 신호가 결합된 제1 조합신호를 전송하는 단계, 그리고 제3 전송 시간에 상기 제1 전송 신호의 변조 신호와 상기 증폭된 소스 신호의 변조 신호가 결합된 제2 조합신호를 전송하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 여기서, 상기 제1, 제2 및 제3 전송시간에 순차적으로 전송되는 신호들은 아래의 수학식으로 표현될 수 있다.

q번째 사용자 단말기 – 중계단말기(120)

소스단말(110)의 부채널 / 중계단말(120)의 부채널

시간 ↓

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}_{relay}^{p} & \mathbf{x}^{q}(1)^{*} \\ -\frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}_{relay}^{p} & \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}^{q}(2) \\ * & \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}^{q}(1)^{*} \end{pmatrix}$$

[0013]

[0014] $$\mathbf{x}_{relay}^{p} = A_{\mathrm{r}} \cdot \mathbf{r}_{r}^{p}(t), \qquad A_{\mathrm{r}} = \frac{P_{\mathrm{tx}}}{P_{\mathrm{rx}}}$$

[0015] 여기서, $\mathbf{x}^{q}(1)$, $\mathbf{x}^{q}(2)$ 는 상기 중계 단말의 첫 번째 및 두 번째 신호이고, $\mathbf{x}_{relay}^{p}$ 는 상기 증폭된 소스신호이고, A_{r} 은 수신전력(P_{rx})에 대비한 송신전력(P_{tx})의 비율인 증폭 이득이며, $\mathbf{r}_{r}^{p}(t)$ 는 상기 수신된 소스신호를 나타낸다.

[0016] 그리고, 본 발명은, 상기 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공한다.

[0017] 또한, 본 발명은, 중계 단말이 소스 단말 및 기지국과 협력 통신을 수행하는 시스템에 있어서, 상기 소스 단말은, 주변의 단말기들 중 가장 채널상태가 우수한 단말을 상기 중계 단말로 선택하고, 상기 기지국은, 상기 소스 단말에 대한 정보를 상기 중계 단말로 전달하고, 상기 중계 단말은, 상기 소스 단말로부터 소스 신호를 수신하여 증폭시키고, 상기 기지국으로부터 할당된 주파수 영역을 통하여 상기 중계 단말이 전송하고자 하는 제1 전송 신호, 제2 전송 신호 및 상기 증폭된 소스 신호를 상기 기지국에 전송하는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템을 제공한다.

[0018] 여기서, 상기 소스 단말에 대한 정보는, 상기 소스 단말에 할당된 부반송파 대역에 대한 정보일 수 있다. 또한, 상기 중계 단말은, 상기 소스 신호를 수신 전력에 대비한 송신 전력의 비로 증폭할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 중계 단말은, 제1 전송 시간에 상기 제1 전송 신호의 변조 신호를 전송하고, 제2 전송 시간에 상기 제2 전송 신호와 상기 증폭된 소스 신호의 변조 신호가 결합된 제1 조합신호를 전송하고, 제3 전송 시간에 상기 제1 전송 신호의 변조 신호와 상기 증폭된 소스 신호의 변조 신호가 결합된 제2 조합신호를 전송할 수 있다.

효 과

[0020] 본 발명에 따른 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법 및 시스템에 따르면, 각각의 단말기가 자신의 신호와 협력 전송을 위한 상대방 신호를 모두 전송함에 따라 전송률을 향상시킬 수 있고 단말기 상호 간의 전송전력 및 전송시간의 형평성을 유지할 수 있는 이점이 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0021] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 증폭 후 전달 방법을 위한 시스템 구성도이다.

[0022] 도 2를 참조하면, 상기 증폭 후 전달 시스템(100)은 소스단말기(110), 중계단말기(120), 기지국(130)을 포함한다. 상기 소스단말기(110), 중계단말기(120), 기지국(130)은 모두 단일안테나를 갖는다.

[0023] p 번째 사용자 단말기와 q 번째 사용자 단말기는, 인접한 여러 단말기들 사이에서 가장 좋은 채널환경을 갖는 인접 단말기를 나타내는 것으로서, 서로 상대방을 자신의 신호를 중계할 중계단말기로 선택한다. 또한, 자신의 단말기가 중계단말기로 선택되면 자신의 신호와 상대방의 신호를 부호화하여 기지국에 전송하는데, 상대방의 신호를 증폭하여 기지국에 전송한다.

[0024] 도 2는 p 번째 사용자 단말기와 q 번째 사용자 단말기를 각각 소스단말기(110)와 중계단말기(120)인 것을 예시한 것이나 이는 하나의 실시예이고 그 반대의 개념도 성립한다. 이상과 같이, p 번째 사용자 단말기와 q 번째 사용자 단말기는, 서로 소스단말기와 중계단말기의 역할을 모두 수행할 수 있어 양방향 전송의 개념을 갖는다. 상기 기지국(130)은 각각의 사용자 단말기를 통해 수신된 신호들을 복호화를 통해 합산하여 소스신호를 검출한다.

[0025] 도 3은 도 2에 도시된 소스단말기의 상세 구성도이다. 상기 소스단말기(110)는 인접단말 검색부(111), 중계단말 선택부(112), 중계단말 정보전송부(113), 중계단말 동기화부(114), 신호 송출부(115)를 포함한다.

[0026] 상기 인접단말 검색부(111)는, 통신 초기에 인접한 주변 단말기들을 검색하는 부분으로서, 상기 소스단말기(110)와 주변 단말기들 사이의 채널상태를 각각 체크한다.

[0027] 상기 중계단말 선택부(112)는 상기 검색된 주변 단말기들 중 선택된 하나의 주변 단말기를 중계단말기(120)로 선택한다. 예를 들면, 상기 중계단말 선택부(112)는 채널상태가 가장 우수한 채널(ex, 수신 채널의 추정 SNR 값이 가장 높은 채널)을 검출하여, 이 채널을 이용하는 단말기를 상기 중계단말기(120)로 선택한다. 채널 상태가 가장 우수한 채널을 선택하는 방법은 기존에 다양하게 공지되어 있으므로, 상세한 설명은 생략한다.

[0028] 상기 중계단말 정보전송부(113)는 상기 선택된 중계단말기(120)에 대한 정보를 상기 기지국(130)으로 전송한다. 상기 중계단말기(120)에 대한 정보란, 상기 중계단말기(120)가 사용하는 채널, 즉 중계단말기(120)에 할당된 부반송파 대역에 관한 정보를 의미한다.

[0029] 상기 중계단말 동기화부(114)는 상기 중계단말기(120)가 선택되고 중계단말기(120)에 대한 정보가 기지국(130)에 전송되어 협력 전송 준비가 완료된 경우, 상기 중계단말기(120)와 소스단말기(110) 사이의 원활한 통신을 위한 동기화를 수행하는 부분이다.

[0030] 상기 신호 송출부(115)는, 소스단말기(110)와 중계단말기(120) 사이의 동기화가 완료되어 통신 가능한 상태가 확보된 경우, 상기 소스단말기(110)의 소스신호를 송출하는 역할을 한다. 이러한 신호 송출부(115)는 등방성 안테나로 구성되어 있어, 모든 방향에 대해 동일한 전력으로 신호를 전송하게 된다.

[0031] 도 4는 도 2에 도시된 중계단말기의 상세 구성도이다. 상기 중계단말기(120)는 중계명령 수신부(121), 소스단말 동기화부(122), 소스신호 수신부(123), 소스신호 증폭부(124), 소스신호 중계부(125)를 포함한다.

[0032] 상기 중계명령 수신부(121)는, 상기 기지국(130)으로부터 중계 명령을 수신하는 역할을 한다. 상기 중계 명령이란, 상기 소스단말기(110) 측으로부터 소스단말기(110)에 대한 정보 및 상기 소스단말기(110)의 소스신호를 수신하여 기지국(130)으로 중계하라는 명령을 의미한다. 상기 소스단말기(110)에 관한 정보란, 상기 소스단말기(110)가 사용하는 채널, 즉 소스단말기(110)에 할당된 부반송파 대역에 관한 정보를 의미한다.

[0033] 상기 소스단말 동기화부(122)는, 소스단말기(110) 내의 중계단말 동기화부(114)와 함께 동작하는 것으로서, 소스단말기(110)과 중계단말기(120)의 동기화를 통해 신호의 중계 역할이 가능하도록 한다.

[0034] 상기 소스신호 수신부(123)는 소스단말기(110)에서 전송된 소스신호를 수신하는 역할을 한다. 상기 소스신호 증폭부(124)는 상기 소스신호 수신부(123)에 수신된 소스신호를 송수신 전력에 비례하여 증폭하는 역할을 수행한다.

[0035] 상기 소스신호 중계부(125)는 상기 소스신호 증폭부(124)에서 증폭된 신호를 상기 기지국(130)으로 전송하는 역할을 수행한다. 이러한 소스신호 중계부(125)는 상기 소스단말기(110) 측의 신호 송출부(115)와 마찬가지로 등방성 안테나로 구성되어 모든 방향에 대해 동일한 전력으로 신호를 전송한다.

[0036] 도 5는 도 2에 도시된 기지국의 상세 구성도이다. 상기 기지국(130)은 중계단말 정보수신부(131), 중계명령 전송부(132), 소스 및 중계신호 수신부(133), 소스 및 중계신호 검출부(134), 중첩신호 합산 및 복호부(135)를 포함한다.

[0037] 상기 중계단말 정보수신부(131)는 상기 소스단말기(110) 내의 중계단말 정보전송부(113)에서 전송된 중계단말기(120)에 대한 정보를 수신하는 부분으로서, 소스단말기(110)에서 선택된 중계단말기(120)의 정보를 수신하는 역

할을 한다.

[0038] 상기 중계명령 전송부(132)는 상기 중계단말 정보수신부(131)를 통해 수신된 중계단말기(120)에 대한 정보에 따라, 상기 소스단말기(110)가 선택한 중계단말기(120) 측으로 상기 소스단말기(110)에 대한 정보를 전송하여, 상기 중계단말기(120)가 중계를 수행하도록 명령하는 역할을 한다. 이러한 중계명령 전송부(132)를 통해, 상기 중계단말기(120)는 상기 소스단말기(110)에 대한 정보를 수신하고 소스신호의 중계역할을 수행하게 된다.

[0039] 상기 소스 및 중계신호 수신부(133)는 소스단말기(110)를 통해 전송된 소스신호와 상기 중계단말기(120)를 통해 중계된 신호를 수신하는 역할을 수행한다.

[0040] 상기 소스 및 중계신호 검출부(134)는 소스단말기(110)을 통해 전송된 소스신호와 상기 중계단말기(120)을 통해 중계된 소스신호로부터, 각각 사용자들의 부채널을 선택하고, FFT(Fast Fourier Transform;고속 푸리에 변환) 등을 통해 OFDMA 신호를 주파수축 데이터 신호로 변환하는 역할을 수행한다.

[0041] 상기 중첩신호 합산 및 복호부(135)는, 상기 검출된 소스단말기(110)와 중계단말기(120)의 부호화된 데이터 신호들을 보다 효과적으로 복호화하기 위하여, 각각의 수신신호들을 보다 높은 수신 전력을 갖는 신호로 최종 합산하는 역할을 수행한다. 이러한 합산을 통한 효과적인 중첩신호 분리를 통해, 상기 기지국(130)은 동일한 신호를 두 번 수신하는 효과를 극대화할 수 있으며, 이를 통해 수신오류율을 현저하게 낮출 수 있다.

[0042] 이하에서는 상기 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법에 관하여 보다 구체적으로 알아본다. 상기 협력 전송 방법에 사용되는 통신환경은 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)를 기반으로 하는 무선 통신 시스템이라 가정한다. 현 상태는 상술한 바와 같이 상기 소스단말기(110)가 그와 인접한 주변의 단말기들 중 가장 좋은 채널을 가진 단말기를 중계단말기(120)로 선택하여 기지국(130)에 통보하고 모든 동기화를 마친 상태인 것으로 가정한다.

[0043] K 개의 부반송파와 P 명의 사용자를 갖는 OFDMA 시스템을 고려한다면, 각 사용자 단말기에게 할당된 부반송파의 개수(K_p)는 아래의 수학식 1로 정의된다.

수학식 1

[0044] $$K_p = K / P$$

[0045] 도 6은 상기 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법에 사용되는 OFDMA 시스템의 신호구성을 도시한 블럭도이다. (ex, 만약, 70개의 부반송파와 7명의 사용자를 갖는 시스템인 경우, 부반송파의 개수는 10개로 계산된다.)

[0046] OFDMA신호에서 p 번째 사용자가 할당받은 부채널은 다음의 수학식 2를 참조한다.

수학식 2

[0047] $$K_p = \left\{ k | N_{K_p} \cdot (p-1) \le k < N_{K_p} \cdot p \right\}$$

[0048] 주파수 영역에서 p 번째 사용자 단말기의 신호(데이터 심벌 $S^p(k)$)는 수학식 3으로 매핑된다.

수학식 3

[0049] $$X^p(k) = \begin{cases} S^p(k), & k \in K_p \\ 0, & otherwise \end{cases}$$

[0050] 상기의 신호가 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)를 통해 OFDMA심볼로 변조되며, 이는 수학식 3을 참조한다.

수학식 4

$$x_n^p = IFFT\{X^p(k)\}, k \in K_p$$

$$= \frac{1}{\sqrt{K}} \sum_{k \in K_p} \left\{ X^p(k) \exp\left(\frac{j2\pi kn}{K} \right) \right\}$$

[0051]

[0052] p 번째 사용자 단말기가 소스단말기(110)인 경우, 이러한 수학식 4의 신호를 무선 채널을 통해 중계단말기(120) 혹은 기지국(130)으로 전송한다. 물론, 상기 p 번째 사용자 단말기가 중계단말기(120)인 경우에도 상대방 측의 소스단말기(110)를 자신의 중계단말기로 이용할 수 있으므로 그 반대의 경우도 동일한 원리로 성립된다. 이는 앞서 설명한 바 대로, 각 단말기(110,120)가 서로 상대방을 중계단말기로 선택하여 자신의 신호와 상대방의 신호를 중계할 수 있는 양방향의 통신 개념과 상통한다.

[0053] 상기 수학식 4의 전송된 신호는 상기 무선 채널을 통해 수학식 5와 같이 중계단말기(120) 혹은 기지국(130)으로 수신된다.

수학식 5

$$r_n = \frac{1}{\sqrt{K}} \sum_{p=1}^{P} \sum_{k \in K_p} \left\{ H^p(k) X^p(k) \exp\left(\frac{j2\pi kn}{K} \right) + w_n(k) \right\}$$

[0054]

[0055] 여기서 H 는 다중경로 채널의 주파수 응답이며, $w_n(k)$ 는 평균은 0이고 분산은 $N_0/2$ 를 가지는 AWGN(additive white Gaussian noise)을 나타낸다.

[0056] 각 사용자들 사이의 채널의 변화는 서로 독립적이라는 것을 가정해 보자.

[0057] 본 발명의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법은, 단일안테나를 사용하는 소스단말기(110)와 중계단말기(120)가 서로 가상의 안테나 어레이를 구성하여, 단일안테나를 가지는 기지국(130)에 증폭 후 전달하는 협력 전송을 수행한다. 따라서, 상기의 송수신 수학식들은 STBC(Space-Time Block Code)를 사용하고 가상으로 2개의 안테나를 갖는 시스템의 신호로 확장될 수 있다.

[0058] 앞서 언급한 바와 같이, p 번째 사용자 단말기과 q 번째 사용자 단말기는 서로 상대방을 위해 양방향으로 협력 전송을 하지만, 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 있어 각각의 사용자는 그 방법이 상호 동일하므로, 이하에서는 p 번째 사용자를 기준으로 설명한다. 즉, 상기 p 번째 사용자 단말기를 소스단말기(110)로, q 번째 사용자 단말기를 중계단말기(120)로 기술하도록 하고, 이에 따라 중계과정에서는 q 번째 사용자 단말을 기준으로, 복호화 과정에서는 p 번째 사용자 단말을 기준으로 기술하도록 한다. (물론, q 번째 사용자 단말기를 기준으로 한다면, q 번째 사용자 단말기는 소스단말기, p 번째 사용자 단말기는 중계단말기라 볼 수 있다.)

[0059] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법의 흐름도이다. 우선, 앞서 상술한 원리를 바탕으로, 상기 소스단말기(110) 주변의 다른 단말기들 중 가장 채널상태가 우수한 자신의 단말기가 중계단말기(120)로 선택된다(S110). 물론, 이러한 과정에서 상기 중계단말기(120)는 상기 기지국(110)으로부터 상기 소스단말기(110)에 관한 정보를 수신한다. 상기 소스단말기(110)에 대한 정보는 소스 단말에 할당된 부반송파 대역에 관한 정보임을 설명한 바 있다.

[0060] 이렇게 각각의 단말기가 서로 상대방의 단말기를 '양방향 증폭 후 전달 협력 전송을 위한 상호 중계단말기(120)'로 선택한 이후, 양방향 증폭 후 전달 협력 전송이 수행된다.

[0061] 먼저, 상기 소스단말기(110)(p 번째 사용자 단말)가 전송하게 되는 신호는 다음 수학식 6과 같다.

수학식 6

$$\text{시간}\left|\begin{pmatrix} \overbrace{\mathbf{x}^{p}(1)^{*}}^{\text{소스단말(110)의 부채널}} & \overbrace{\frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}_{relay}^{q}{}^{*}}^{\text{중계단말(120)의 부채널}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}^{p}(2) & \\ \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}^{p}(1)^{*} & -\frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}_{relay}^{q}{}^{*} \end{pmatrix}\right. \quad p\text{번째 사용자 단말기 - 소스단말기(110)}$$

[0062]

[0063] 상기 수학식 6에서는 소스단말기(110)의 전송신호에 중점을 두어 설명을 하고 양방향 증폭 후 전달 협력 전송을 위한 중계단말기(120)의 부채널에 삽입되는 증폭된 중계신호는 상기 중계단말기(120)의 관점에서 설명하겠다.

[0064] 따라서, 소스단말기(110)의 부채널에 삽입되어 전송되는 신호는 첫 번째 전송시간인 제1 전송시간(Phase1)에 상기 OFDM 변조된 자신의 첫 번째 신호($\mathbf{x}^{p}(1)$)를 컨쥬게이트하여 전송한다.

[0065] 그리고, 두 번째 전송시간인 제2 전송시간(Phase2)에 상기 OFDM 변조된 자신의 두 번째 신호($\mathbf{x}^{p}(2)$)를 전송한다.

[0066] 다음, 세 번째 전송시간인 제3 전송시간(Phase3)에 상기 OFDM 변조된 자신의 첫 번째 신호($\mathbf{x}^{p}(1)$)를 컨쥬게이트하여 반복 전송한다.

[0067] 상기 수학식 6과 같이 상기 소스단말기(110)(p 번째 사용자 단말)가 신호를 전송하는 동안 같은 시간에 상기 중계단말기(120)(q 번째 사용자 단말)도 양방향 증폭 후 전달 협력 전송을 위해 상기 소스단말기(110)과 유사한 신호를 전송하게 된다.

[0068] 즉, 신호의 증폭 후 전달을 통한 중계 과정을 상세하게 설명하기 위해 상기 중계단말기(120)를 기준으로 중계 과정을 살펴본다면, 상기 중계단말기(120)는 상기 소스단말기(110)로부터 소스신호를 수신하고 이를 증폭한다(S120). 상기 소스단말기(110)에서 전송하는 소스신호의 형태는 수학식 3의 경우를 참조하며, 중계단말기(120)가 수신한 소스신호의 형태는 수학식 4의 경우를 참조한다.

[0069] 또한, 상기 중계단말기(120)는 상기 소스신호를 수신전력에 대비한 송신전력의 비로 증폭한다. 여기서, 증폭된 소스신호의 형태는 후술하기로 한다.

[0070] 이후, 상기 중계단말기(120)는 상기 기지국(110)으로부터 할당된 주파수 영역을 통하여 상기 중계단말기(120)가 전송하고자 하는 자신의 첫 번째 신호, 자신의 두 번째 신호, 그리고 상기 증폭된 소스 신호를 상기 기지국(110)에 전송한다(S130).

[0071] 보다 상세하게는, 상기 중계단말기(120)는 자신의 첫 번째 신호, 상기 자신의 두 번째 신호와 상기 증폭된 소스신호의 조합인 제1 조합신호, 그리고 자신의 첫 번째 신호와 상기 증폭된 소스신호의 조합인 제2 조합신호의 순으로 기지국(130)에 신호를 전송하여 상기 소스신호를 중계한다(S130).

[0072] 이러한 중계단말기(120)는 각각의 신호들을 총 3번의 전송시간(Phase1;제1 전송시간, Phase2;제2 전송시간, Phase3;제3 전송시간) 동안 순차적으로 전송한다. 상기 중계단말기(120)가 각각의 전송시간에 순차적으로 전송하는 신호들은 아래의 수학식 7로 보다 상세히 표현할 수 있다.

수학식 7

q번째 사용자 단말기 – 중계단말기(120)

소스단말(110)의 부채널 / 중계단말(120)의 부채널

시간 ↓

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}_{relay}^{p} & \mathbf{x}^{q}(1)^{*} \\ -\frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}_{relay}^{p}{}^{*} & \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}^{q}(2) \\ & \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}^{q}(1)^{*} \end{pmatrix}$$

[0073]

[0074] 여기서, $\mathbf{x}^{q}(1)$, $\mathbf{x}^{q}(2)$ 는, 상기 중계단말기(120)가 자신의 부채널에 삽입하는 자신의 첫 번째 및 두 번째 신호를 나타낸다. 또한, $\mathbf{x}_{relay}^{p}$ 는 상기 증폭된 소스신호를 의미하는 것으로서, 상기 중계단말기(120)가 양방향 증폭 후 전달 협력 전송을 수행하기 위해 소스단말기(110)에 할당된 부채널에 삽입되는 소스단말기(110)의 증폭된 신호, 즉 증폭된 소스신호를 의미한다.

[0075] 이러한 수학식 7을 참조하면, 상기 중계단말기(120)는 첫 번째 전송시간인 제1 전송시간(Phase1)에 상기 OFDM 변조된 자신의 첫 번째 신호($\mathbf{x}^{q}(1)$)를 컨쥬게이트하여 전송한다.

[0076] 그리고, 두 번째 전송시간인 제2 전송시간(Phase2)에 상기 OFDM 변조된 자신의 두 번째 신호($\mathbf{x}^{q}(2)$)와 상기 중계단말기(120)에서 이전 전송시간에 수신된 소스신호의 증폭된 신호 즉, 증폭된 소스신호($\mathbf{x}_{relay}^{p}$)가 서로 결합된 상기 제1 조합신호를 전송한다. 여기서, 상기 증폭된 소스신호($\mathbf{x}_{relay}^{p}$)에는 시간 축에서 컨쥬게이트가 취하여 진다.

[0077] 다음, 세 번째 전송시간인 제3 전송시간(Phase3)에 상기 OFDM 변조된 자신의 첫 번째 신호($\mathbf{x}^{q}(1)$)와 상기 중계단말기(120)에서 이전 전송시간에 수신된 소스신호의 증폭된 신호 즉, 증폭된 소스신호($\mathbf{x}_{relay}^{p}$)가 서로 결합된 상기 제2 조합신호를 전송한다. 여기서, 상기 첫번째 신호($\mathbf{x}^{q}(1)$)와 상기 증폭된 소스신호($\mathbf{x}_{relay}^{p}$)에는 시간 축에서 각각 컨쥬게이트가 취하여 진다.

[0078] 여기서, 상기 중계단말기(120)에서 이전 전송시간에 수신된 소스신호의 증폭된 신호, 즉 상기 증폭된 소스신호($\mathbf{x}_{relay}^{p}$)는 수학식 8로 표현된다.

수학식 8

$$\mathbf{x}_{relay}^{p} = A_{\mathrm{r}} \cdot \mathbf{r}_{r}^{p}(t), \qquad A_{\mathrm{r}} = \frac{P_{\mathrm{tx}}}{P_{\mathrm{rx}}}$$

[0079]

[0080] 수학식 8에서 A_{r} 은 수신전력(P_{rx})에 대비한 송신전력(P_{tx})의 비율인 증폭 이득을 나타낸다.

[0081] 또한, $\mathbf{r}_{r}^{p}(t)$ 는 소스단말기(110)와 중계단말기(120) 사이의 채널(h_{ic})를 통과하여 상기 소스단말기(110)로부터 수신된 소스신호를 나타낸다. 이러한 $\mathbf{r}_{r}^{p}(t)$ 는 다음의 수학식 9로 표현된다

수학식 9

$$\mathbf{r}_{r}^{p}(t) = h_{\mathrm{ic}} * \mathbf{x}^{p}(t) + w_{r}(t)$$

[0082]

[0083] 앞서 언급한 바와 같이, p 번째 단말을 소스단말기(110)로 q 번째 단말을 중계단말기(120)로 기술할 경우, q 번째 사용자 단말기인 상기 중계단말기(120)는 상기 수학식 9과 같이 p 번째 사용자 단말기인 상기 소스단말기(110)의 소스신호($\mathbf{x}^{p}(t)$)를 수신하고 수학식 8과 같이 증폭하여 자기 자신의 신호뿐만 아니라, 협력 전송 파트너인 소스단말기(110)의 소스신호를 기지국(130)으로 함께 전송할 수 있다.

[0084] 여기서, 상기 수학식 7과 같이 신호를 전송할 때에는 시공간 다이버시티 기법과 마찬가지로, 전체 전송 전력은 1이 되어야 한다. 즉, 각 단말기(110,120)는 협력 전송 방법을 사용할 경우와 그렇지 않을 경우에 소모하는 전력이 동일하여야 한다. 상기 소스단말기(110)와 중계단말기(120)가 서로 자신의 신호가 아닌 상대방의 신호를 송수신하고 있으므로, 각각의 심벌 신호는 전송 전력을 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 로 낮춰서 전송하게 된다.

[0085] 이상과 같이 상술한 수학식 6과 수학식 7의 내용은 아래의 수학식 10으로 요약할 수 있다.

수학식 10

[0086]

$$\text{시간}\left(\begin{array}{cc} \overbrace{\mathbf{x}^{p}(1)^{*}}^{\text{소스단말(110)의 부채널}} & \overbrace{\frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}_{relay}^{q}{}^{*}}^{\text{중계단말(120)의 부채널}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}^{p}(2) & \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}^{q}(2) \\ \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}^{p}(1)^{*} & -\frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}^{q}(1)^{*} \end{array}\right)_{\text{p번째 사용자 단말기 – 소스단말기(110)}} \quad \text{시간}\left(\begin{array}{cc} \overbrace{\frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}_{relay}^{p}{}^{*}}^{\text{소스단말(110)의 부채널}} & \overbrace{\mathbf{x}^{q}(1)^{*}}^{\text{중계단말(120)의 부채널}} \\ -\frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}_{relay}^{p} & \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}^{q}(2) \\ & \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{x}^{q}(1)^{*} \end{array}\right)_{\text{q번째 사용자 단말기 – 중계단말기(120)}}$$

$$\mathbf{x}_{relay}^{y} = A_{\mathrm{r}} \cdot \mathbf{r}_{r}^{y}(t), \quad y = \{p, q\}, \quad A_{\mathrm{r}} = \frac{P_{\mathrm{tx}}}{P_{\mathrm{rx}}}$$

[0087]

[0088] 여기서, $\mathbf{x}(1)$ 과 $\mathbf{x}(2)$ 는 각각의 사용자 단말(p, q)에서 각 단말에게 할당된 부채널에 삽입되는 자신

의 첫 번째 및 두 번째 소스 신호이고, $\mathbf{x}_{relay}^{y}$ 는 양방향 증폭 후 전달 협력 전송을 수행하기 위해 상호 협력하는 각 사용자 단말($y = \{p, q\}$)의 부채널에 삽입되는 협력 단말의 증폭된 중계신호이다. 또한, A_{r}은 수신전력(P_{rx})에 대비한 송신전력(P_{tx})의 비율인 증폭 이득이며, $\mathbf{r}_r(t)$는 양방향 증폭 후 전달 협력 전송을 수행하는 각각의 단말에서 수신된 상대방 협력 단말의 소스 신호를 나타낸다.

[0089] 도 8은 상기 방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법의 신호전송 과정을 나타내는 구성도이다. 상기 소스단말기(110)는 소스신호를 기지국(130)과 중계단말기(120)로 전송한다. 여기서, 상기 중계단말기(120)로 수신된 소스신호는 크기가 증폭되어 기지국(130)으로 전송됨을 알 수 있다. 즉, 소스단말기(110)는 상기 소스신호를 기지국(130)으로 전송하고, 상기 중계단말기(120)는 상기 수신된 소스신호를 증폭하여 자신의 신호와 함께 부호화하여 기지국(130)으로 재전송하게 된다. 이에 따라, 상기 기지국(130)에는 각각 양방향 협력 전송을 하는 사용자의 심벌신호가 함께 중첩되어 전송된다.

[0090] 도 9는 상기 방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법의 신호전송을 나타내는 도표이다. 즉, p 번째 사용자 단말기와 q 번째 사용자 단말기는 상호 협력하여 자기 자신의 신호는 물론 상대방 협력 단말의 신호를 동시에 전송하는 과정을 수행하며, 주파수 축에서 각각의 전송시간(Phase1~3) 동안 전송되는 결합 신호는 수학식 7을 기반으로 상호 비례적으로 도시되어 있다. 3개의 전송시간(ex, Phase1~3) 동안 2개의 신호(ex, X(1)과 X(2))를 전송하므로 2/3의 전송률을 나타낸다.

[0091] 도 10은 상기 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법에서, 상기 p 번째 및 q 번째 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 단말이 기지국으로 도 9와 같이 전송한 중첩신호들을 주파수 축에서 나타낸 것, 즉 OFDM 복조(FFT) 후의 수학식을 도표로 나타내고 있다. 상기 기지국(130)에서는 브로드캐스트된 첫 번째 전송시간(Phase1)을 제외한다면, 각각의 p 번째 및 q 번째 사용자 단말에 의해, 두 번째 전송시간(Phase2)과 세 번째 전송시간(Phase3)에 걸쳐 수신된 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 신호는 각각의 해당 사용자 부채널에서 시공간 다이버시티 기법과 마찬가지로, 신호를 두 번 수신하게 되어 다이버시티 효과를 얻게 된다.

[0092] 상기 기지국에서 수신된 신호는 시공간 다이버시티 기법과 마찬가지로 복호화과정을 거쳐 다이버시티 이득을 얻게 된다. 앞서 언급한 바와 같이, 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법에서는 상호 협력을 통해 협력 사용자 단말로 선택된 두 사용자(p, q) 모두 다이버시티 이득을 얻게 된다. 이때, 두 사용자의 복호화 과정이 동일하기 때문에 상기 소스단말기(110)인 p 번째 사용자 단말을 기준으로 복호화 과정을 설명한다. 도 10을 참조로 하여, p 번째 사용자 단말에 해당하는 주파수 축 신호는 다음 수학식과 같이 추출된다.

수학식 11

$$\mathbf{R}^p(2) = \mathbf{H}_1^p\mathbf{X}^p(2) + \mathbf{H}_2^p(\mathbf{H}_{\mathrm{ic}}^p)^*\mathbf{X}^p(1) + \mathbf{W}(2)$$
$$\mathbf{R}^p(3) = \mathbf{H}_1^p\mathbf{X}^p(1)^* - \mathbf{H}_2^p(\mathbf{H}_{\mathrm{ic}}^p)^*\mathbf{X}^p(2)^* + \mathbf{W}(3)$$

[0093]

[0094] 상기 소스단말기(110)에 해당하는 중첩신호를 나타내는 수학식 11은 시공간 다이버시티와 유사하게, 두 번째 전송시간(Phase2)과 세 번째 전송시간(Phase3)에 수신된 신호($\mathbf{R}^p(2)$과 $\mathbf{R}^p(3)$)를 서로 합 또는 차 연산하여, 1-탭 이퀄라이저를 통과함으로써 효과적으로 간단하게 검출할 수 있으며, 각각의 검출된 심벌 신호는 수학식 12를 참조한다.

수학식 12

$$\tilde{\mathbf{X}}^p(1) = \mathbf{H}_2^{p*}(\mathbf{H}_{\mathrm{ic}}^p)\mathbf{R}^p(2) + \mathbf{H}_1^p\mathbf{R}^{p*}(3)$$
$$\tilde{\mathbf{X}}^p(2) = \mathbf{H}_1^{p*}\mathbf{R}^p(2) - \mathbf{H}_2^p(\mathbf{H}_{\mathrm{ic}}^{p*})\mathbf{R}^{p*}(3)$$

[0095]

[0096] p 번째 사용자 단말기 즉, 상기 소스단말기(110)에서 전송한 자신의 첫 번째 신호($\mathbf{X}^p(1)$)는, 상기 수학식

11의 두 번째 수신신호($\mathbf{R}^p(2)$)에 $\mathbf{H}_{\mathrm{ic}}^p$와 $\mathbf{H}_2^{p*}$을 곱한 값과, 세 번째 수신신호($\mathbf{R}^p(3)$)에 컨쥬게이트를 취하여 $\mathbf{H}_1^p$를 곱한 값의 합을 이용하여 검출한다. 여기서, $\boldsymbol{H}_1^p$, $\boldsymbol{H}_2^p$, $\boldsymbol{H}_{ic}^p$는 각각 소스단말기와 기지국, 중계단말기와 기지국, 소스단말기와 중계단말기간의 채널 계수로써, 상기 소스단말기(110)(p 번째 사용자 단말)의 해당 부채널에 속하는 채널 계수이다.

[0097] 또한, 상기 소스단말기(110)에서 전송한 자신의 두 번째 신호($\mathbf{X}^p(2)$)는, 상기 수학식 11의 두 번째 수신신호($\mathbf{R}^p(2)$)에 $\mathbf{H}_1^{p*}$을 곱한 값과, 세 번째 수신신호($\mathbf{R}^p(3)$)를 컨쥬게이트하여 $\mathbf{H}_{\mathrm{ic}}^{p*}$와 $\mathbf{H}_2^p$를 곱한 값의 차를 이용하여 검출한다.

[0098] 상기의 수학식 12에 수학식 11을 대입하면 수학식 13이 얻어진다.

수학식 13

[0099]
$$\tilde{\mathbf{X}}^p(1) = (|\mathbf{H}_1^p|^2 + |\mathbf{H}_2^p|^2|\mathbf{H}_{\mathrm{ic}}^p|^2)\mathbf{X}^p(1) + \eta(1)$$
$$\tilde{\mathbf{X}}^p(2) = (|\mathbf{H}_1^p|^2 + |\mathbf{H}_2^p|^2|\mathbf{H}_{\mathrm{ic}}^p|^2)\mathbf{X}^p(2) + \eta(2)$$

[0100] 수학식 13을 참조하면, 상기 소스단말기(110)(p 번째 사용자 단말)은 상기의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법을 사용한 경우, 일반적인 무선 통신 시스템에 비해 ($|\mathbf{H}_1^p|^2 + |\mathbf{H}_2^p|^2|\mathbf{H}_{\mathrm{ic}}^p|^2$)만큼의 다이버시티 이득을 얻게 된다.

[0101] 또한, 종래의 기본적인 협력 통신은, 가상의 안테나 어레이를 사용하기 위해 중계단말이 소스단말로부터 신호를 전달받는 과정인 브로드캐스트 슬롯(Phase1)과 중계단말이 소스단말의 신호를 기지국으로 전송하는 중계슬롯(Phase2)의 두 개의 시간 슬롯으로 이루어지며, 두 개의 시간 슬롯 동안 소스단말은 하나의 심벌신호만 전송하게 됨으로써, 공간 다이버시티 이득을 얻으며, 1/2 전송률을 가진다.

[0102] 이에 반면, 상술한 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법은, 브로드캐스트 슬롯(Phase1)을 포함하여 총 세 개의 시간 슬롯(Phase1, Phase2, Phase3) 동안 두 개의 심벌신호를 전송할 수 있고, 이와 동시에 STBC와 유사한 공간 부호화를 통해 공간 다이버시티 이득을 얻으며 2/3 전송률을 가지게 된다. 따라서, 상기 제안한 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법은 종래의 일반적인 협력 통신과 비교하여 볼 때 전송효율이 더욱 향상됨을 알 수 있다.

[0103] 즉, 이러한 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법에 따르면, OFDMA 기반의 무선 통신 시스템 특성을 활용하여, 각각의 단말기가 자신의 신호와 협력 전송을 위한 상대방 신호를 모두 전송함에 따라 전송률이 향상되고 단말기 상호 간의 전송전력 및 전송시간의 형평성을 유지할 수 있는 이점이 있다.

[0104] 도 11은 본 발명의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법(mutual AF cooperative transmission; Amplify-and-Forward cooperative transmission)의 모의실험결과와, 종래의 복호 후 전달 협력 전송 방법(DF cooperative trnamission; Decode-and-Forward cooperative transmission)의 모의실험결과에 대하여, 비트에러율(BER) 성능을 비교한 그래프이다. 이러한 도 11은 중계채널 h_{ic}의 상대적 우위에 따른 BER 성능을 -3dB, 0dB, 10dB, 30dB에 대해 차례대로 보여준다.

[0105] 본 발명에 따른 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법(mutual AF cooperative transmission)은 중계채널의 상태가 상대적으로 나쁘거나 보통 수준인 -3dB, 0dB의 경우에도 중계채널의 채널이득을 얻음에 따라, 10^{-3}의 BER 값을 기준으로 볼 때, 종래의 복호 후 전달 협력 전송 방법(DF cooperative transmission)에 비해 각각 4dB의 성능 향상을 나타내었고, 기본적인 OFDMA 기반의 무선 통신 시스템(OFDMA-QPSK)의 경우와 비교하여도 최대 3dB의 성능 향상을 확인할 수 있다.

[0106] 상기의 BER 성능은, 본 발명의 증폭 후 협력 전송 방법(mutual AF cooperative transmission)이 복호 후 전달 협력 전송 방법(DF cooperative transmission)에 비해 중계채널의 상태에 상대적으로 덜 민감하기 때문에 발생한다. 즉, 중계채널의 상태가 매우 좋을 경우에는, 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법(mutual AF cooperative

transmission)에 비해 복호 후 전달 협력 전송 방법(DF cooperative transmission)이 상대적으로 향상 폭이 크다. 그러나, 현재와 같은 복잡한 도시 지형이나 원거리의 무선 채널 환경에 있어서, 최적의 중계단말을 선택한 경우에도 상대적으로 중계채널의 상태가 좋지 않거나 비슷할 경우에는, 상기 양방향 증폭 후 협력 전송 기법(AF cooperative transmission)이 기존의 복호 후 전달 협력 전송 방법(DF cooperative transmission)보다 상대적으로 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있다. 결과적으로, 본 발명은 OFDMA 기반의 여러 무선 통신 시스템들 중, 와이브로와 같이 셀 반경이 상당히 넓거나 혹은 단말간의 거리가 여타 시스템보다 상당히 먼 시스템에 있어서, 매우 효과적으로 적용될 수 있다.

[0107] 상기 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 매체로서 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다.

[0108] 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CO-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광데이터 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 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

[0109] 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.

도면의 간단한 설명

[0110] 도 1은 이러한 종래의 일반적인 협력 통신을 도시한 구성도이다.

[0111] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법을 위한 시스템구성도이다.

[0112] 도 3 내지 도 5는 도 2에 도시된 소스단말기, 중계단말기, 기지국에 대한 각각의 상세 구성도이다.

[0113] 도 6은 상기 증폭 후 전달 협동전송 방법에 사용되는 OFDMA 시스템의 신호구성을 도시한 블럭도이다.

[0114] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서의 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법의 흐름도이다.

[0115] 도 8은 상기 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법의 신호전송 과정을 나타내는 구성도이다.

[0116] 도 9는 상기 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법의 신호전송을 나타내는 도표이다.

[0117] 도 10은 상기 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법에서 기지국에 수신된 신호를 나타내는 도표이다.

[0118] 도 11은 상기 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 방법(AF cooperation)의 모의실험결과와 종래의 복호 후 전달 협동전송 방법(DF cooperation)의 모의실험결과를 비교한 그래프이다.

[0119] < 도면의 주요 부분에 대한 부호의 간단한 설명 >

[0120] 100: 양방향 증폭 후 전달 협력 전송 시스템

[0121] 110: 소스단말기 111: 인접단말 검색부

[0122] 112: 중계단말 선택부 113: 중계단말 정보전송부

[0123] 114: 중계단말 동기화부 115: 신호송출부

[0124] 120: 중계단말기 121: 중계명령 수신부

[0125] 122: 소스단말 동기화부 123: 소스신호 수신부

[0126] 124: 소스신호 증폭부 125: 소스신호 중계부

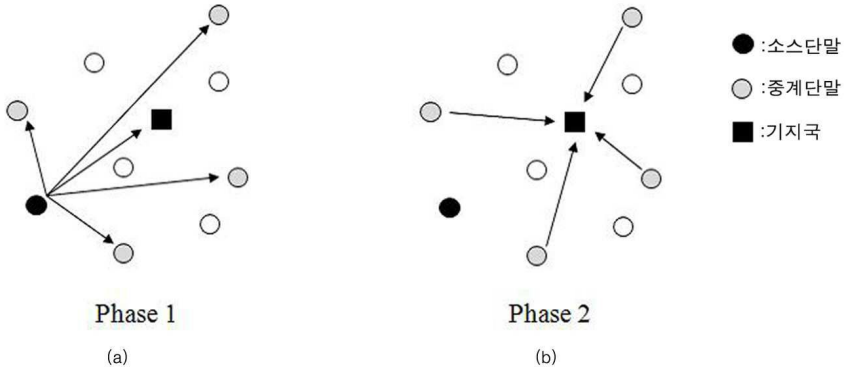
[0127] 130: 기지국 131: 중계단말 정보수신부

[0128] 132: 중계명령 전송부 133: 소스 및 중계신호 수신부

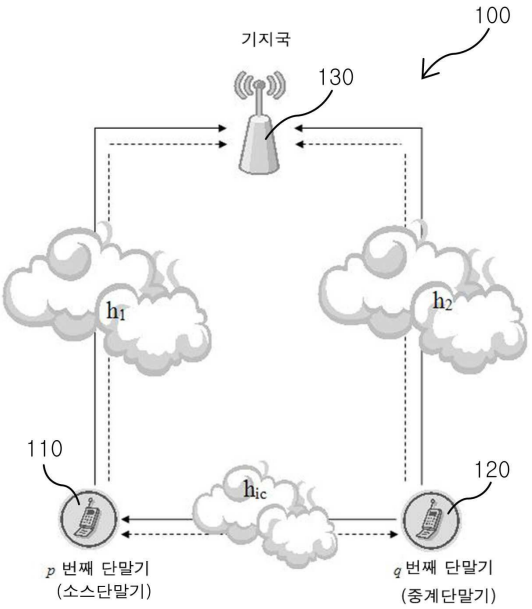
[0129] 134: 소스 및 중계신호 검출부 135: 중첩신호 합산 및 복호부

도면

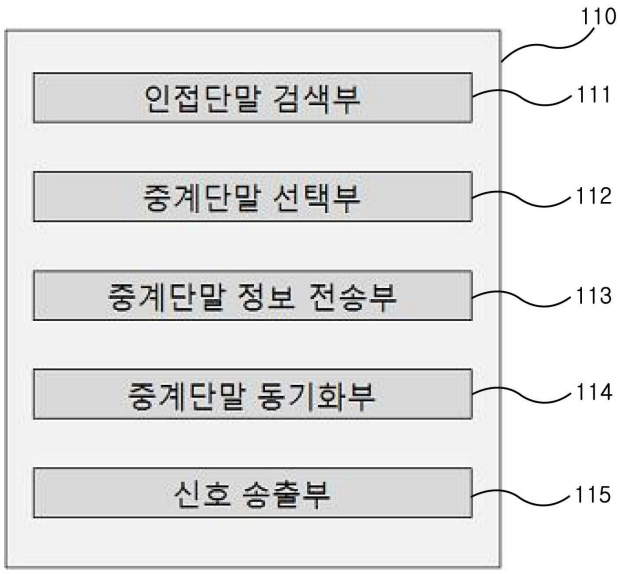
도면1



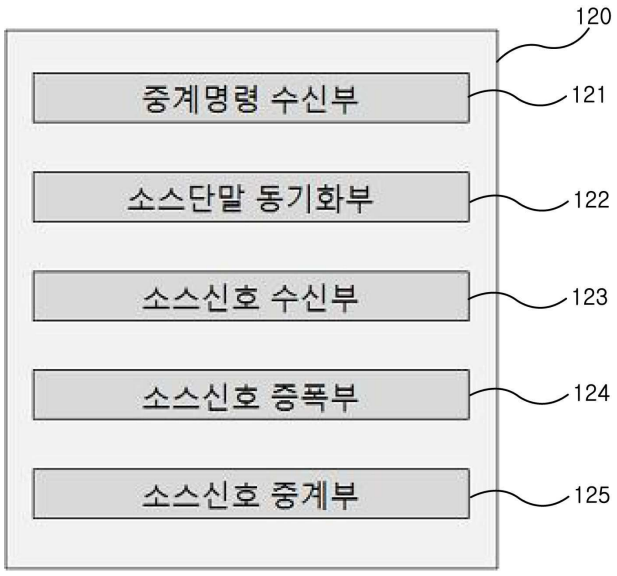
도면2



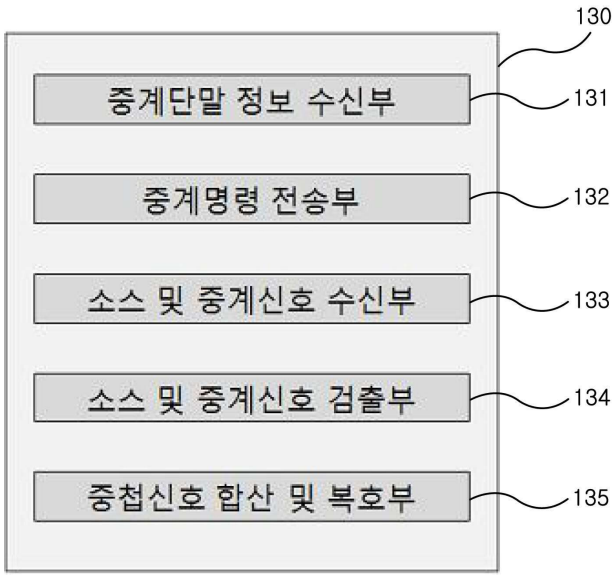
도면3


110
인접단말 검색부
111
중계단말 선택부
112
중계단말 정보 전송부
113
중계단말 동기화부
114
신호 송출부
115

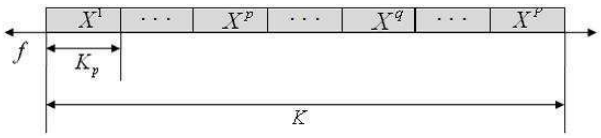
도면4


120
중계명령 수신부
121
소스단말 동기화부
122
소스신호 수신부
123
소스신호 증폭부
124
소스신호 중계부
125

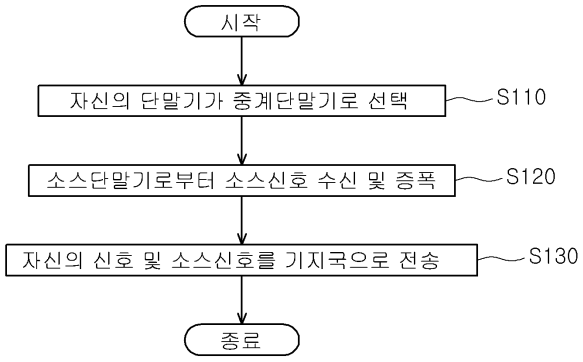
도면5


130
중계단말 정보 수신부
131
중계명령 전송부
132
소스 및 중계신호 수신부
133
소스 및 중계신호 검출부
134
중첩신호 합산 및 복호부
135

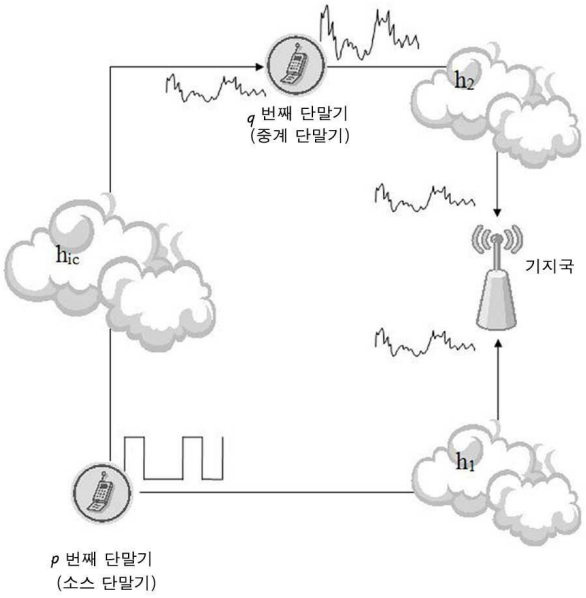
도면6


X^1
X^p
X^q
X^P
f
K_p
K

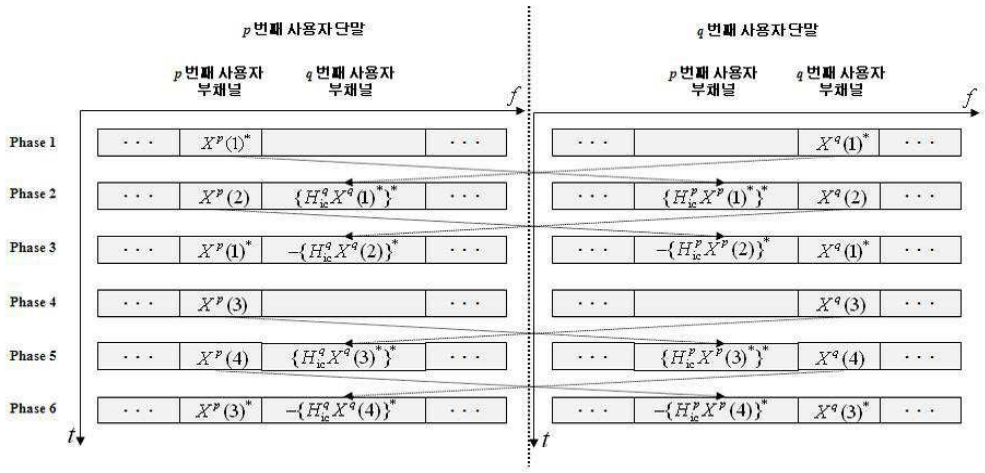
도면7


시작
자신의 단말기가 중계단말기로 선택
S110
소스단말기로부터 소스신호 수신 및 증폭
S120
자신의 신호 및 소스신호를 기지국으로 전송
S130
종료

도면8



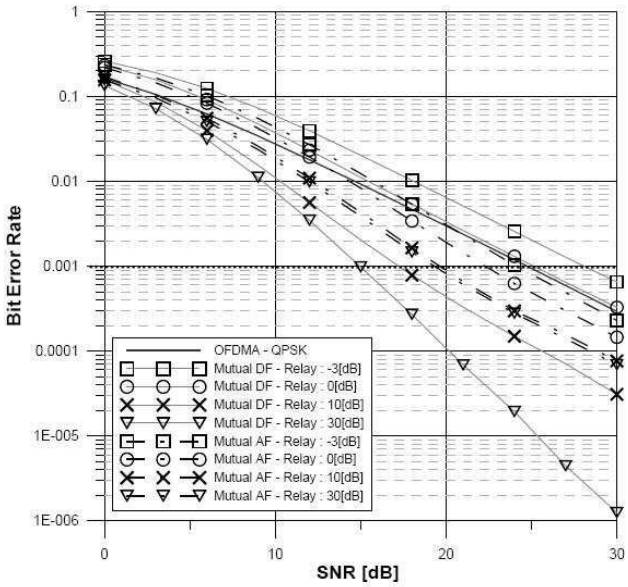
도면9



도면10

	p 번째 사용자 부채널의 수신신호	q 번째 사용자 부채널의 수신신호
Phase 1	$\mathbf{H}_1^p \mathbf{X}^p(1)^*$	$\mathbf{H}_1^q \mathbf{X}^q(1)^*$
Phase 2	$\mathbf{H}_1^p \mathbf{X}^p(2) + \mathbf{H}_2^p (\mathbf{H}_{ic}^p)^* \mathbf{X}^p(1)$	$\mathbf{H}_1^q \mathbf{X}^q(2) + \mathbf{H}_2^q (\mathbf{H}_{ic}^q)^* \mathbf{X}^q(1)$
Phase 3	$\mathbf{H}_1^p \mathbf{X}^p(1)^* - \mathbf{H}_2^p (\mathbf{H}_{ic}^p)^* \mathbf{X}^p(2)^*$	$\mathbf{H}_1^q \mathbf{X}^q(1)^* - \mathbf{H}_2^q (\mathbf{H}_{ic}^q)^* \mathbf{X}^q(2)^*$
Phase 4	$\mathbf{H}_1^p \mathbf{X}^p(3)^*$	$\mathbf{H}_1^q \mathbf{X}^q(3)^*$
Phase 5	$\mathbf{H}_1^p \mathbf{X}^p(4) + \mathbf{H}_2^p (\mathbf{H}_{ic}^p)^* \mathbf{X}^p(3)$	$\mathbf{H}_1^q \mathbf{X}^q(4) + \mathbf{H}_2^q (\mathbf{H}_{ic}^q)^* \mathbf{X}^q(3)$
Phase 6	$\mathbf{H}_1^p \mathbf{X}^p(3)^* - \mathbf{H}_2^p (\mathbf{H}_{ic}^p)^* \mathbf{X}^p(4)^*$	$\mathbf{H}_1^q \mathbf{X}^q(3)^* - \mathbf{H}_2^q (\mathbf{H}_{ic}^q)^* \mathbf{X}^q(4)^*$
:	:	:

도면11


Bit Error Rate
SNR [dB]
1
0.1
0.01
0.001
0.0001
1E-005
1E-006
0
10
20
30
OFDMA - QPSK
Mutual DF - Relay : -3[dB]
Mutual DF - Relay : 0[dB]
Mutual DF - Relay : 10[dB]
Mutual DF - Relay : 30[dB]
Mutual AF - Relay : -3[dB]
Mutual AF - Relay : 0[dB]
Mutual AF - Relay : 10[dB]
Mutual AF - Relay : 30[dB]