

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2014-0068697 (43) 공개일자 2014년06월09일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H04J 11/00 (2006.01) H04B 7/02 (2006.01) (21) 출원번호 10-2012-0136505 (22) 출원일자 2012년11월28일 심사청구일자 2012년11월28일		(71) 출원인 세종대학교산학협력단 서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교) (72) 발명자 송형규 경기 성남시 분당구 중앙공원로 17, 320동 303호 (서현동, 한양아파트) 이의학 경기 안양시 만안구 삼성산길 8, 106동 703호 (석수동, 석수역푸르지오아파트) (74) 대리인 특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 10 항

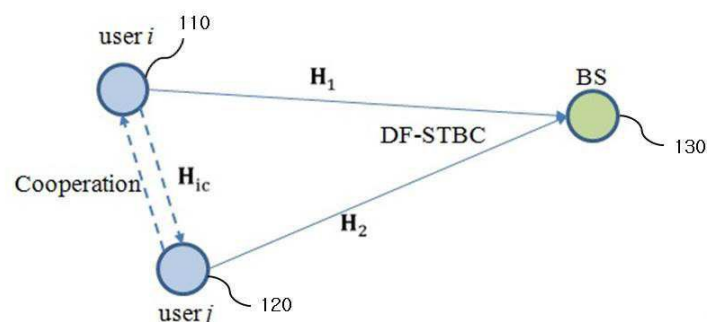
(54) 발명의 명칭 OFDMA 기반의 협력 통신 방법 및 그 시스템

(57) 요약

본 발명은, 제1 서브채널을 갖는 제1 단말이 제2 서브채널을 갖는 제2 단말 및 기지국과 협력 통신을 수행하는 OFDMA 기반의 협력 통신 방법에 있어서, 제1 전송 시간 동안, 상기 제1 단말이 상기 제1 서브채널을 통해 제1 전송 신호를 전송하는 단계와, 제2 전송 시간 동안, 상기 제1 단말이 상기 제1 서브채널을 통해 제2 전송 신호를 전송하는 동시에, 상기 제1 전송 시간에 상기 제2 서브채널을 통해 수신된 제1a 전송 신호를 상기 제2 서브채널을 통해 전송하는 단계와, 제3 전송 시간 동안, 상기 제1 단말이 상기 제1 서브채널을 통해 제3 전송 신호를 전송하는 동시에 상기 제2 전송 시간에 상기 제2 서브채널을 통해 수신된 제2a 전송 신호를 상기 제2 서브채널을 통해 전송하는 단계, 및 제4 전송 시간 동안, 상기 제1 단말이 상기 제1 서브채널을 통해 상기 제2 전송신호에 콘주게이션 및 음의 부호를 취한 값을 전송하는 동시에 상기 제3 전송 시간에 상기 제2 서브채널을 통해 수신된 제3a 전송 신호에 콘주게이션을 취한 값을 상기 제2 서브채널을 통해 전송하는 단계를 포함하는 OFDMA 기반의 협력 통신 방법을 제공한다.

상기 OFDMA 기반의 협력 통신 방법 및 그 시스템에 따르면, OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서 전송률을 2/3에서 3/4로 증가시켜서 전송 속도를 증가시킬 수 있는 이점이 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012-000902

부처명 교육과학기술부

연구사업명 기본연구지원사업

연구과제명 차세대 지능형 전력망 구축을 위한 중장거리용 양방향 무선통신 플랫폼과 원격 모니터링
및 제어기술개발

기 여 율 1/1

주관기관 세종대학교 산학협력단

연구기간 2012.05.01 ~ 2013.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

제1 서브채널을 갖는 제1 단말이 제2 서브채널을 갖는 제2 단말 및 기지국과 협력 통신을 수행하는 OFDMA 기반의 협력 통신 방법에 있어서,

제1 전송 시간 동안, 상기 제1 단말이 상기 제1 서브채널을 통해 제1 전송 신호를 전송하는 단계;

제2 전송 시간 동안, 상기 제1 단말이 상기 제1 서브채널을 통해 제2 전송 신호를 전송하는 동시에, 상기 제1 전송 시간에 상기 제2 서브채널을 통해 수신된 제1a 전송 신호를 상기 제2 서브채널을 통해 전송하는 단계;

제3 전송 시간 동안, 상기 제1 단말이 상기 제1 서브채널을 통해 제3 전송 신호를 전송하는 동시에 상기 제2 전송 시간에 상기 제2 서브채널을 통해 수신된 제2a 전송 신호를 상기 제2 서브채널을 통해 전송하는 단계; 및

제4 전송 시간 동안, 상기 제1 단말이 상기 제1 서브채널을 통해 상기 제2 전송신호에 콘주게이션 및 음의 부호를 취한 값을 전송하는 동시에 상기 제3 전송 시간에 상기 제2 서브채널을 통해 수신된 제3a 전송 신호에 콘주게이션을 취한 값을 상기 제2 서브채널을 통해 전송하는 단계를 포함하는 OFDMA 기반의 협력 통신 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제1 전송 시간 내지 제4 전송 시간 동안 상기 제1 단말과 상기 제2 단말이 각각 상기 기지국으로 전송한 신호는 아래의 수학적식으로 정의되는 OFDMA 기반의 협력 통신 방법:

$$S_i = \begin{pmatrix} X^i(1) \\ X^i(2) & (X_{DF}^j(1)) \\ X^i(3) & (X_{DF}^j(2)) \\ -(X^i(2))^* & (X_{DF}^j(3))^* \end{pmatrix},$$

$$S_j = \begin{pmatrix} X^j(1) \\ (X_{DF}^i(1)) & X^j(2) \\ (X_{DF}^i(2)) & X^j(3) \\ (X_{DF}^i(3))^* & -(X^j(2))^* \end{pmatrix}$$

여기서, 제1 단말(i)이 상기 기지국으로 전송하는 신호 S_i 와 제2 단말(j)이 상기 기지국으로 전송하는 신호 S_j 를 구성하는 각각의 제1 행성분 내지 제4 행성분은 상기 제1 전송 시간 내지 제4 전송 시간에 대응되는 신호이고, 제1 열성분 및 제2 열성분은 각각 상기 제1 서브채널 및 상기 제2 서브채널에 대응되는 신호이며, $X^p(\cdot)$ 는 주파수 축에서 생성된 p번째 단말의 전송 신호이고, $X_{DF}^p(\cdot)$ 는 상기 p번째 단말이 전송한 신호이고, $p=\{i, j\}$ 이다.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 제1 전송 시간 내지 제4 전송 시간 동안 상기 제1 단말의 신호에 의한 상기 기지국의 수신 신호는 아래의 수학적식으로 정의되는 OFDMA 기반의 협력 통신 방법:

$$\mathbf{Y}^i(1) = \mathbf{H}_1^i \mathbf{X}^i(1) + \mathbf{W}(1),$$

$$\mathbf{Y}^i(2) = \mathbf{H}_1^i \mathbf{X}^i(2) + \mathbf{H}_2^i \mathbf{X}_{DF}^i(1) + \mathbf{W}(2),$$

$$\mathbf{Y}^i(3) = \mathbf{H}_1^i \mathbf{X}^i(3) + \mathbf{H}_2^i \mathbf{X}_{DF}^i(2) + \mathbf{W}(3),$$

$$\mathbf{Y}^i(4) = -\mathbf{H}_1^i \mathbf{X}^i(2)^* + \mathbf{H}_2^i \mathbf{X}_{DF}^i(3)^* + \mathbf{W}(4)$$

여기서, $\mathbf{Y}^i(m)$ 은 m 번째 전송 시간의 수신 신호, $\mathbf{H}_1^i$ 는 상기 제1 단말과 상기 기지국 사이의 채널, $\mathbf{H}_2^i$ 는 상기 제2 단말과 상기 기지국 사이의 채널, $\mathbf{X}_{DF}^i(\cdot)$ 는 상기 제1 단말에서 상기 제1 서브채널을 통해 전송된 신호를 제2 단말이 수신하여 복조한 후 재변조하여 상기 제1 서브채널을 통해 전송한 신호이고, $\mathbf{W}(m)$ 은 m 번째 전송 시간에 발생한 노이즈이다.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 기지국은,

상기 $\mathbf{Y}^i(3)$ 및 $\mathbf{Y}^i(4)$ 를 이용하여 STBC(Space Time Block Coding) 복호 방법을 통해 $\mathbf{X}^i(2)$ 및 $\mathbf{X}^i(3)$ 을 복조하고, 상기 $\mathbf{X}^i(2)$ 의 복조 신호와 상기 $\mathbf{Y}^i(1)$ 및 $\mathbf{Y}^i(2)$ 를 이용하여 SIC(Successive Interference Cancellation) 방법을 통해 $\mathbf{X}^i(1)$ 을 복조하는 OFDMA 기반의 협력 통신 방법.

청구항 5

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 단말 및 상기 제2 단말의 전송률은 3/4인 OFDMA 기반의 협력 통신 방법.

청구항 6

제1 서브채널을 갖는 제1 단말이 제2 서브채널을 갖는 제2 단말 및 기지국과 협력 통신을 수행하는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에 있어서,

상기 제1 단말은,

제1 전송 시간 동안, 상기 제1 서브채널을 통해 제1 전송 신호를 전송하고,

제2 전송 시간 동안, 상기 제1 서브채널을 통해 제2 전송 신호를 전송하는 동시에, 상기 제1 전송 시간에 상기 제2 서브채널을 통해 수신된 제1a 전송 신호를 상기 제2 서브채널을 통해 전송하고,

제3 전송 시간 동안, 상기 제1 서브채널을 통해 제3 전송 신호를 전송하는 동시에 상기 제2 전송 시간에 상기 제2 서브채널을 통해 수신된 제2a 전송 신호를 상기 제2 서브채널을 통해 전송하고,

제4 전송 시간 동안, 상기 제1 서브채널을 통해 상기 제2 전송신호에 콘주게이션 및 음의 부호를 취한 값을 전송하는 동시에 상기 제3 전송 시간에 상기 제2 서브채널을 통해 수신된 제3a 전송 신호에 콘주게이션을 취한 값을 상기 제2 서브채널을 통해 전송하는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 제1 전송 시간 내지 제4 전송 시간 동안 상기 제1 단말과 상기 제2 단말이 각각 상기 기지국으로 전송한

신호는 아래의 수학적식으로 정의되는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템:

$$S_i = \begin{pmatrix} X^i(1) \\ X^i(2) & (X_{DF}^j(1)) \\ X^i(3) & (X_{DF}^j(2)) \\ -(X^i(2))^* & (X_{DF}^j(3))^* \end{pmatrix},$$

$$S_j = \begin{pmatrix} & X^j(1) \\ (X_{DF}^i(1)) & X^j(2) \\ (X_{DF}^i(2)) & X^j(3) \\ (X_{DF}^i(3))^* & -(X^j(2))^* \end{pmatrix}$$

여기서, 제1 단말(i)이 상기 기지국으로 전송하는 신호 S_i 와 제2 단말(j)이 상기 기지국으로 전송하는 신호 S_j 를 구성하는 각각의 제1 행성분 내지 제4 행성분은 상기 제1 전송 시간 내지 제4 전송 시간에 대응되는 신호이고, 제1 열성분 및 제2 열성분은 각각 상기 제1 서브채널 및 상기 제2 서브채널에 대응되는 신호이며, $X^p(\cdot)$ 는 주파수 축에서 생성된 p번째 단말의 전송 신호이고, $X_{DF}^p(\cdot)$ 는 상기 p번째 단말이 전송한 신호이고, $p=\{i,j\}$ 이다.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 제1 전송 시간 내지 제4 전송 시간 동안 상기 제1 단말의 신호에 의한 상기 기지국의 수신 신호는 아래의 수학적식으로 정의되는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템:

$$Y^i(1) = H_1^i X^i(1) + W(1),$$

$$Y^i(2) = H_1^i X^i(2) + H_2^i X_{DF}^i(1) + W(2),$$

$$Y^i(3) = H_1^i X^i(3) + H_2^i X_{DF}^i(2) + W(3),$$

$$Y^i(4) = -H_1^i X^i(2)^* + H_2^i X_{DF}^i(3)^* + W(4)$$

여기서, $Y^i(m)$ 은 m번째 전송 시간의 수신 신호, H_1^i 는 상기 제1 단말과 상기 기지국 사이의 채널, H_2^i 는 상기 제2 단말과 상기 기지국 사이의 채널, $X_{DF}^i(\cdot)$ 는 상기 제1 단말에서 상기 제1 서브채널을 통해 전송된 신호를 제2 단말이 수신하여 복조한 후 재변조하여 상기 제1 서브채널을 통해 전송한 신호이고, $W(m)$ 은 m번째 전송 시간에 발생한 노이즈이다.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 기지국은,

상기 $Y^i(3)$ 및 $Y^i(4)$ 를 이용하여 STBC(Space Time Block Coding) 복호 방법을 통해 $X^i(2)$ 및 $X^i(3)$ 을 복조하고,

상기 $X^i(2)$ 의 복조 신호와 상기 $Y^i(1)$ 및 $Y^i(2)$ 를 이용하여 SIC(Successive Interference Cancelation) 방법을 통해 $X^i(1)$ 을 복조하는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템.

청구항 10

청구항 6 내지 청구항 9 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 단말 및 상기 제2 단말의 전송률은 3/4인 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 OFDMA 기반의 협력 통신 방법 및 그 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 전송률을 증가시킬 수 있는 OFDMA 기반의 협력 통신 방법 및 그 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 점차 증가하는 다양한 멀티미디어 전송에 대한 요구를 만족시키기 위해 다중 입출력(Multiple-input multiple-output; MIMO)을 이용한 통신 용량과 송수신 성능을 향상시키는 방법들이 연구되어 왔다. 이러한 다중 안테나 기술은 추가적인 주파수 할당이나 송신 전력의 증가 없이도 송수신의 성능을 획기적으로 향상시킬 수 있는 방법이다.

[0003] MIMO 시스템에서 가장 널리 알려진 다이버시티 기법은 STBC(Space-Time Block Code) 기법이다. STBC 기법은 두 개의 송신 안테나가 각각 첫 번째 전송 시간에는 x_1 및 x_2 를 전송하고, 두 번째 전송 시간에는 $-x_2^*$, x_1^* 를 전송한다. 이를 행렬의 형태로 나타내면 수학식 1과 같다.

수학식 1

$$\begin{bmatrix} x_1 & x_2 \\ -x_2^* & x_1^* \end{bmatrix}$$

[0005] 여기서, *는 켤레게이션을 의미한다. 수학식 1과 같이 2×1 MIMO 시스템에서의 STBC 기법은 두 번의 전송시간 동안 두 개의 심볼을 전송할 수 있다.

[0006] 협력통신에서의 가상의 2×1 MIMO 시스템에서도 STBC 기법을 적용할 수 있으며, 이를 행렬 형태로 나타내면 수학식 2와 같다.

수학식 2

$$\begin{bmatrix} x_1 & \\ x_2 & x_1 \\ -x_1^* & x_2^* \end{bmatrix}$$

[0008] 이 방법의 경우, 수학식 2와 같이 세 번의 전송시간 동안 두 개의 심볼만을 전송할 수 있으므로 전송률은 2/3으로 줄어들게 된다. 이러한 협력통신에 따르면 오류 성능은 높일 수 있으나 전송 속도가 저하되는 단점이 있다. 따라서 협력통신에서 전송률을 증가시키는 방법이 요구된다.

[0009] 본 발명의 배경이 되는 기술은 국내특허공개 제2011-0041271호에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서 전송률을 증가시킬 수 있는 OFDMA 기반의 협력 통신 방법 및 그 시스템을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명은, 제1 서브채널을 갖는 제1 단말이 제2 서브채널을 갖는 제2 단말 및 기지국과 협력 통신을 수행하는 OFDMA 기반의 협력 통신 방법에 있어서, 제1 전송 시간 동안, 상기 제1 단말이 상기 제1 서브채널을 통해 제1 전송 신호를 전송하는 단계와, 제2 전송 시간 동안, 상기 제1 단말이 상기 제1 서브채널을 통해 제2 전송 신호를 전송하는 동시에, 상기 제1 전송 시간에 상기 제2 서브채널을 통해 수신된 제1a 전송 신호를 상기 제2 서브채널을 통해 전송하는 단계와, 제3 전송 시간 동안, 상기 제1 단말이 상기 제1 서브채널을 통해 제3 전송 신호를 전송하는 동시에 상기 제2 전송 시간에 상기 제2 서브채널을 통해 수신된 제2a 전송 신호를 상기 제2 서브채널을 통해 전송하는 단계, 및 제4 전송 시간 동안, 상기 제1 단말이 상기 제1 서브채널을 통해 상기 제2 전송 신호에 콘주게이션 및 음의 부호를 취한 값을 전송하는 동시에 상기 제3 전송 시간에 상기 제2 서브채널을 통해 수신된 제3a 전송 신호에 콘주게이션을 취한 값을 상기 제2 서브채널을 통해 전송하는 단계를 포함하는 OFDMA 기반의 협력 통신 방법을 제공한다.

[0012] 또한, 상기 제1 전송 시간 내지 제4 전송 시간 동안 상기 제1 단말과 상기 제2 단말이 각각 상기 기지국으로 전송한 신호는 아래의 수학식으로 정의될 수 있다.

$$S_i = \begin{pmatrix} X^i(1) \\ X^i(2) & (X_{DF}^j(1)) \\ X^i(3) & (X_{DF}^j(2)) \\ -(X^i(2))^* & (X_{DF}^j(3))^* \end{pmatrix},$$

$$S_j = \begin{pmatrix} X^j(1) \\ (X_{DF}^i(1)) & X^j(2) \\ (X_{DF}^i(2)) & X^j(3) \\ (X_{DF}^i(3))^* & -(X^j(2))^* \end{pmatrix}$$

[0013]

[0014] 여기서, 제1 단말(i)이 상기 기지국으로 전송하는 신호 S_i 와 제2 단말(j)이 상기 기지국으로 전송하는 신호 S_j 를 구성하는 각각의 제1 행성분 내지 제4 행성분은 상기 제1 전송 시간 내지 제4 전송 시간에 대응되는 신호이고, 제1 열성분 및 제2 열성분은 각각 상기 제1 서브채널 및 상기 제2 서브채널에 대응되는 신호이며, $X^p(\cdot)$ 는 주파수 축에서 생성된 p번째 단말의 전송 신호이고, $X_{DF}^p(\cdot)$ 는 상기 p번째 단말이 전송한 신호이고, $p=\{i, j\}$ 이다.

[0015] 또한, 상기 제1 전송 시간 내지 제4 전송 시간 동안 상기 제1 단말의 신호에 의한 상기 기지국의 수신 신호는 아래의 수학식으로 정의될 수 있다.

$$\mathbf{Y}^i(1) = \mathbf{H}_1^i \mathbf{X}^i(1) + \mathbf{W}(1),$$

$$\mathbf{Y}^i(2) = \mathbf{H}_1^i \mathbf{X}^i(2) + \mathbf{H}_2^i \mathbf{X}_{DF}^i(1) + \mathbf{W}(2),$$

$$\mathbf{Y}^i(3) = \mathbf{H}_1^i \mathbf{X}^i(3) + \mathbf{H}_2^i \mathbf{X}_{DF}^i(2) + \mathbf{W}(3),$$

$$\mathbf{Y}^i(4) = -\mathbf{H}_1^i \mathbf{X}^i(2)^* + \mathbf{H}_2^i \mathbf{X}_{DF}^i(3)^* + \mathbf{W}(4)$$

[0016]

[0017]

여기서, $\mathbf{Y}^i(m)$ 은 m 번째 전송 시간의 수신 신호, $\mathbf{H}_1^i$ 는 상기 제1 단말과 상기 기지국 사이의 채널, $\mathbf{H}_2^i$ 는 상기 제2 단말과 상기 기지국 사이의 채널, $\mathbf{X}_{DF}^i(\cdot)$ 는 상기 제1 단말에서 상기 제1 서브채널을 통해 전송된 신호를 제2 단말이 수신하여 복조한 후 재변조하여 상기 제1 서브채널을 통해 전송한 신호이고, $\mathbf{W}(m)$ 은 m 번째 전송 시간에 발생한 노이즈이다.

[0018]

또한, 상기 기지국은, 상기 $\mathbf{Y}^i(3)$ 및 $\mathbf{Y}^i(4)$ 를 이용하여 STBC(Space Time Block Coding) 복호 방법을 통해 $\mathbf{X}^i(2)$ 및 $\mathbf{X}^i(3)$ 을 복조하고, 상기 $\mathbf{X}^i(2)$ 의 복조 신호와 상기 $\mathbf{Y}^i(1)$ 및 $\mathbf{Y}^i(2)$ 를 이용하여 SIC(Successive Interference Cancellation) 방법을 통해 $\mathbf{X}^i(1)$ 을 복조할 수 있다.

[0019]

여기서, 상기 제1 단말 및 상기 제2 단말의 전송률은 3/4일 수 있다.

[0020]

그리고, 본 발명은 제1 서브채널을 갖는 제1 단말이 제2 서브채널을 갖는 제2 단말 및 기지국과 협력 통신을 수행하는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에 있어서, 상기 제1 단말은, 제1 전송 시간 동안, 상기 제1 서브채널을 통해 제1 전송 신호를 전송하고, 제2 전송 시간 동안, 상기 제1 서브채널을 통해 제2 전송 신호를 전송하는 동시에, 상기 제1 전송 시간에 상기 제2 서브채널을 통해 수신된 제1a 전송 신호를 상기 제2 서브채널을 통해 전송하고, 제3 전송 시간 동안, 상기 제1 서브채널을 통해 제3 전송 신호를 전송하는 동시에 상기 제2 전송 시간에 상기 제2 서브채널을 통해 수신된 제2a 전송 신호를 상기 제2 서브채널을 통해 전송하고, 제4 전송 시간 동안, 상기 제1 서브채널을 통해 상기 제2 전송신호에 콘주게이션 및 음의 부호를 취한 값을 전송하는 동시에 상기 제3 전송 시간에 상기 제2 서브채널을 통해 수신된 제3a 전송 신호에 콘주게이션을 취한 값을 상기 제2 서브채널을 통해 전송하는 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템을 제공한다.

발명의 효과

[0021]

본 발명에 따른 OFDMA 기반의 협력 통신 방법 및 그 시스템에 따르면, OFDMA 기반의 협력 통신 시스템에서 전송률을 2/3에서 3/4로 증가시켜서 전송 속도를 증가시킬 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0022]

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템의 구성도이다.

도 2는 도 1을 이용한 OFDMA 기반의 협력 통신 방법의 흐름도이다.

도 3은 기존의 시스템에서의 비트오류 성능과 본 발명의 실시예에 따른 시스템에서의 비트오류 성능을 비교 분석한 그래프이다.

도 4는 도 3의 비트오류 성능과 전송률을 고려하여 계산된 전송 속도 성능의 비교 분석 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023]

그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0024]

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 OFDMA 기반의 협력 통신 시스템의 구성도이다. 본 발명의 실시예에 따른 협력

통신 시스템은 제1 단말(110), 제2 단말(120), 그리고 기지국(130)을 포함한다. 여기서, 제1 단말(110)과 제2 단말(120)은 사용자 단말을 의미한다.

[0025] 각각 단말(110,120)은 단일의 안테나를 통해 신호를 각각 송수신하고, 각각 송수신한 신호를 기지국(130)으로 전송 및 재전송하게 된다. 각각의 단말(110,120)은 주변에서 가장 좋은 채널 상태를 갖는 주변 단말을 중계기로 선택하고 기지국(130)에 통보한다고 가정한다. 예를 들어, 제1 단말(110)은 제2 단말(120)을 중계기로 사용하고, 제2 단말(120)은 제1 단말(110)을 중계기로 사용한다.

[0026] 이후 각각의 단말(110,120)은 전송신호를 송신하게 된다. 이러한 전송신호는 기지국(130)과, 상대 측 단말(120,110)에 수신된다.

[0027] OFDMA 시스템에서 K 개의 직교 부반송파를 사용하고 P 명의 사용자를 갖는다면, 각 사용자 단말기에게 할당된 부반송파의 개수(K_p)는 아래의 수학식 3으로 정의된다.

수학식 3

$$K_p = K / P$$

[0028]

[0029] 주파수 영역에서 p번째 사용자 단말기의 신호(데이터 심벌 $S^p(k)$)는 수학식 4로 매핑된다.

수학식 4

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

[0030]

[0031] 상기의 신호가 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)를 통해 OFDMA 심볼로 변환되며, p번째 사용자 단말의 n번째 심볼은 수학식 5를 참조한다.

수학식 5

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

[0032]

[0033] 상기 수학식 5의 전송된 신호는 무선 채널을 통해 수학식 6과 같이 기지국(130)으로 수신된다.

수학식 6

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

[0034]

[0035] 여기서 H 는 다중경로 채널의 주파수 응답이며, $\omega_n(k)$ 는 평균은 0이고 분산은 $N_0/2$ 를 가지는 AWGN(additive white Gaussian noise)을 나타낸다.

[0036] 이러한 수학적 식 6은 고속 푸리에 변환(FFT)을 통해 시간 도메인에서 주파수 도메인으로 변환되며 심볼은 수학적 식 7과 같다.

수학적 식 7

$$Y(k) = \sum_{p \in P} H^p(k) X^p(k) + W(k)$$

[0037]

[0038] 여기서, OFDMA 신호는 OFDM의 특성을 가지고 있기 때문에 1-tap 등화기를 통해 등화된다.

[0039] 이하에서는 본 발명에서의 기본적인 전송 구조에 관하여 구체적으로 알아본다. 우선 본 발명은 제1 서브채널(subcarrier)을 갖는 제1 단말(110)이 제2 서브채널을 갖는 제2 단말(120) 및 상기 기지국(130)과 협력 통신을 수행하는 OFDMA 기반의 협력 통신 방법에 관한 것이다.

[0040] 제1 단말(110)은 자신의 대역인 제1 서브채널을 통해 자신의 신호를 기지국(130) 및 제2 단말(120)로 전송한다. 또한, 제2 단말(120)은 자신의 대역인 제2 서브채널을 통해 자신의 신호를 기지국(130) 및 제1 단말(110)로 전송한다. 여기서, 제1 단말(110)과 제2 단말(120)은 브로드캐스팅 동작을 수행한다.

[0041] 구체적으로는 상기 제1 단말(110)은 자신의 전송 신호를 제1 서브채널을 통해 기지국(130) 및 제2 단말(120)로 전송하는 동시에, 이전 전송 시간에 제2 단말(120)로부터 제2 서브채널을 통해 수신된 신호를 제2 서브채널을 통해 기지국(130)으로 전송한다. 즉, 제1 단말(110)의 경우, 자신의 신호는 자신의 대역인 제1 서브채널을 통해 전송하고, 제2 단말(120)로부터 전송받은 신호는 상대 측인 제2 단말(120)의 대역인 제2 서브채널을 통해 전송한다. 여기서, 제2 단말(120)의 전송 원리는 제1 단말(110)의 경우와 동일하므로 상세한 설명은 생략한다.

[0042] 이러한 본 발명의 전송 구조는 아래의 수학적 식 8과 같다.

수학적 식 8

$$S_i = \begin{pmatrix} X^i(1) \\ X^i(2) & (X_{DF}^j(1)) \\ X^i(3) & (X_{DF}^j(2)) \\ -(X^i(2))^* & (X_{DF}^j(3))^* \end{pmatrix},$$

$$S_j = \begin{pmatrix} & X^j(1) \\ (X_{DF}^i(1)) & X^j(2) \\ (X_{DF}^i(2)) & X^j(3) \\ (X_{DF}^i(3))^* & -(X^j(2))^* \end{pmatrix}$$

[0043]

[0044] 여기서, S_i 는 제1 단말(i)이 상기 기지국(130)으로 전송하는 신호이고, S_j 는 제2 단말(j)이 상기 기지국(130)으로 전송하는 신호를 나타낸다.

[0045] S_i 와 S_j 의 행렬에 대하여, 각각의 제1 행성분 내지 제4 행성분은 상기 제1 전송 시간 내지 제4 전송 시간에 대응되는 신호이다. 또한, 제1 열성분 및 제2 열성분은 각각 제1 서브채널 및 제2 서브채널에 대응되는 신호이다.

즉, 행렬의 상하 방향은 전송 시간 축, 좌우 방향은 서브채널(주파수) 축에 해당된다.

[0046] 이러한 수학적식 8은 제1 전송 시간 내지 제4 전송 시간 동안 제1 단말(110)과 제2 단말(120)이 각각 서브채널을 통해 기지국(130)으로 전송한 신호에 해당된다.

[0047] 여기서, $X^p(\cdot)$ 는 주파수 축에서 생성된 p번째 단말의 전송 신호이고, $p=\{i,j\}$ 이다. 달리 말하면, X^p 는 $\{X^p(1), \dots, X^p(k), \dots, X^p(K)\}$ 의 벡터이다. 그리고, $X_{DF}^p(\cdot)$ 는 p번째 단말이 전송한 신호이다. 여기서, DF란 Decode and Forward의 약자이다.

[0048] 또한, 기본적으로 제2 내지 제4 전송 시간에서의 전송 신호는 기존의 STBC에서와 같이 전체 전송 전력을 협력 통신을 수행하지 않을 경우와 같이 $1/\sqrt{2}$ 에 의해 1로 정규화되어 있다.

[0049] 아래의 표 1은 도 1의 각 단말이 기지국으로 전송하는 신호를 나타내는 도표이다. 이는 상기 수학적식 8의 구성에 대응되는 개념이다.

표 1

phase	user i sub-channel	user j sub-channel
1	$X^i(1)$	
2	$X^i(2)$	$X_{DF}^j(1)$
3	$X^i(3)$	$X_{DF}^j(2)$
4	$-(X^i(2))^*$	$(X_{DF}^j(3))^*$

<user i device>

phase	user i sub-channel	user j sub-channel
1		$X^j(1)$
2	$X_{DF}^i(1)$	$X^j(2)$
3	$X_{DF}^i(2)$	$X^j(3)$
4	$(X_{DF}^i(3))^*$	$-(X^j(2))^*$

<user j device>

[0050]

[0051] 표 1을 참조하면, 상부 테이블은 제1 단말(110)의 전송 신호, 하부 테이블은 제2 단말(120)의 전송 신호를 나타낸다. 여기서, 제1 단말(110)의 전송 신호만 보면, 좌측의 제1 서브채널(user i subchannel)을 통해 전송되는 신호와 우측의 제2 서브채널(user j subchannel)을 통해 전송되는 신호로 구분된다. 물론, 제2 단말(120)의 경우에서도 좌측의 제1 서브채널(user i subchannel)을 통해 전송되는 신호와 우측의 제2 서브채널(user j subchannel)을 통해 전송되는 신호로 구분된다.

[0052] 도 2는 도 1을 이용한 OFDMA 기반의 협력 통신 방법의 흐름도이다. 이하에서는 표 1의 제1 단말(110)의 전송 신호 부분과, 수학적식 8의 S_i 행렬, 그리고 도 2를 참조로 하여, 제1 단말(110)을 기준으로 하여 그 전송 구조를 설명한다. 여기서, 제2 단말(120)을 기준으로 하는 경우 또한 제1 단말(110)의 경우와 동일한 원리를 가지므로 상세한 설명은 생략한다.

[0053] 우선, 제1 전송 시간 동안, 상기 제1 단말(110)이 상기 제1 서브채널을 통해 제1 전송 신호 $X^i(1)$ 를 전송한다(S210). 이러한 제1 전송 시간에는 또한 제2 단말(120)이 제2 서브채널을 통해 제1a 전송 신호 $X^j(1)$ 를 제1 단말(110) 및 기지국(130)에 전송하고 있다.

[0054] 그리고, 제2 전송 시간 동안, 상기 제1 단말(110)이 상기 제1 서브채널을 통해 제2 전송 신호 $X^i(2)$ 를 전송하는

동시에, 상기 제1 전송 시간에 상기 제2 서브채널을 통해 수신된 상기 제1a 전송 신호 $X^j(1)$ 를 상기 제2 서브채널을 통해 전송한다(S220). 수학식 8 및 표 1에서 DF 약자가 포함된 $X_{DF}^j(1)$ 은 전송된 신호를 의미한다. 이러한, 제2 전송 시간 동안에는 또한 제2 단말(120)이 제2 서브채널을 통해 제2a 전송 신호 $X^j(2)$ 를 제1 단말(110) 및 기지국(130)에 전송하고 있다.

[0055] 이후, 제3 전송 시간 동안, 상기 제1 단말(110)이 상기 제1 서브채널을 통해 제3 전송 신호 $X^i(3)$ 를 전송하는 동시에 상기 제2 전송 시간에 상기 제2 서브채널을 통해 수신된 제2a 전송 신호 $X^j(2)$ 를 상기 제2 서브채널을 통해 전송한다(S230). $X_{DF}^j(2)$ 는 전송된 신호를 의미한다. 이러한, 제3 전송 시간 동안에는 또한 제2 단말(120)이 제2 서브채널을 통해 제3a 전송 신호 $X^j(3)$ 를 제1 단말(110) 및 기지국(130)에 전송하고 있다.

[0056] 다음, 제4 전송 시간 동안, 상기 제1 단말(110)이 상기 제1 서브채널을 통해 제2 전송신호에 콘주게이션 및 음의 부호를 취한 값 $-(X^i(2))^*$ 을 전송하는 동시에, 상기 제3 전송 시간에 상기 제2 서브채널을 통해 수신된 제3a 전송 신호에 콘주게이션을 취한 값 $(X^j(3))^*$ 을 상기 제2 서브채널을 통해 전송한다(S240). 여기서, $(X_{DF}^j(3))^*$ 는 전송된 신호를 의미한다. 이러한, 제4 전송 시간 동안에는 또한 제2 단말(120)이 제2 서브채널을 통해 제2a 전송 신호에 콘주게이션 및 음의 부호를 취한 값 $-(X^j(2))^*$ 을 제1 단말(110) 및 기지국(130)에 전송하고 있다.

[0057] 여기서, 본 실시예의 경우, 4개의 전송 시간 동안 3개의 신호를 전송하므로 제1 단말(110) 및 상기 제2 단말(120)의 전송률을 모두 3/4이 된다.

[0058] 이상과 같이 제1 단말(110)과 제2 단말(120)은 총 4단계를 통해 기지국(130)에 신호를 전송한다. 기지국(130)에서는 제1 단말(110)과 제2 단말(120)이 보낸 신호가 중첩되어 매 시간마다 들어오게 된다.

[0059] 여기서, 제1 단말(110)과 제2 단말(120)에 의한 신호의 복조 과정은 동일하므로 상기 기지국(130)에서의 복조 과정은 제1 단말(110)에 관한 경우만 알아본다.

[0060] 각각의 채널을 통과하고 중첩되어 수신된 기지국(130)의 수신 신호는 다음의 수학식 9로 표현된다. 이러한 수학식 9는 제1 전송 시간 내지 제4 전송 시간 동안 상기 제1 단말(110)의 신호에 의한 상기 기지국(130)의 수신 신호를 나타낸다.

수학식 9

$$\mathbf{Y}^i(1) = \mathbf{H}_1^i \mathbf{X}^i(1) + \mathbf{W}(1),$$

$$\mathbf{Y}^i(2) = \mathbf{H}_1^i \mathbf{X}^i(2) + \mathbf{H}_2^i \mathbf{X}_{DF}^i(1) + \mathbf{W}(2),$$

$$\mathbf{Y}^i(3) = \mathbf{H}_1^i \mathbf{X}^i(3) + \mathbf{H}_2^i \mathbf{X}_{DF}^i(2) + \mathbf{W}(3),$$

$$\mathbf{Y}^i(4) = -\mathbf{H}_1^i \mathbf{X}^i(2)^* + \mathbf{H}_2^i \mathbf{X}_{DF}^i(3)^* + \mathbf{W}(4)$$

[0061]

[0062] 여기서, $\mathbf{Y}^i(m)$ 은 m번째 전송 시간의 수신 신호, $\mathbf{H}_1^i$ 는 상기 제1 단말(110)과 상기 기지국 사이의 채널, $\mathbf{H}_2^i$ 는 상기 제2 단말(120)과 상기 기지국 사이의 채널, $\mathbf{X}_{DF}^i(\cdot)$ 는 상기 제1 단말(110)에서 상기 제1 서브채널을 통해 전송된 신호를 제2 단말(120)이 수신하여 복조한 후 재변조하여 상기 제1 서브채널을 통해 전송한 신호이다. 그리고, $\mathbf{W}(m)$ 은 m번째 전송 시간에 발생한 노이즈이다. 이러한 수학식 9에서 $\mathbf{W}(m)$ 이 부가된 것은, 송신 안테나에서 수신 측으로 신호를 전송할 때에 채널을 거치게 되는데 채널을 통과하는 과정에서 잡음이 합쳐지게 되는 것을

의미한다.

[0063] 표 2는 제1 단말(110)의 신호에 의한 기지국(130)의 수신 신호와, 제2 단말(120)의 신호에 의한 기지국(130)의 수신 신호를 모두 표현한 것이다.

표 2

phase	user <i>i</i> sub-channel	user <i>j</i> sub-channel	noise
1	$\mathbf{H}_1^i \mathbf{X}^i(1)$	$\mathbf{H}_2^j \mathbf{X}^j(1)$	$\mathbf{W}(1)$
2	$\mathbf{H}_1^i \mathbf{X}^i(2) + \mathbf{H}_2^i \mathbf{X}_{DF}^i(1)$	$\mathbf{H}_2^j \mathbf{X}^j(2) + \mathbf{H}_1^j \mathbf{X}_{DF}^j(1)$	$\mathbf{W}(2)$
3	$\mathbf{H}_1^i \mathbf{X}^i(3) + \mathbf{H}_2^i \mathbf{X}_{DF}^i(2)$	$\mathbf{H}_2^j \mathbf{X}^j(3) + \mathbf{H}_1^j \mathbf{X}_{DF}^j(2)$	$\mathbf{W}(3)$
4	$-\mathbf{H}_1^i (\mathbf{X}^i(2))^* + \mathbf{H}_2^i (\mathbf{X}_{DF}^i(3))^*$	$-\mathbf{H}_2^j (\mathbf{X}^j(2))^* + \mathbf{H}_1^j (\mathbf{X}_{DF}^j(3))^*$	$\mathbf{W}(4)$

[0064]

[0065] 앞서 수학적식 9에서 제1 단말(110)에 의한 수신 신호들은 아래 과정을 통해 복조가 된다. 우선 아래 수학적식 10의 $\widehat{H}_1^i$ 과 $\widehat{H}_2^i$ 는 H_1^i 과 H_2^i 에 대한 추정된 채널들이다.

수학적식 10

$$H_1^i \approx \widehat{H}_1^i ,$$

$$H_2^i \approx \widehat{H}_2^i .$$

[0066]

[0067] 우선, 상기 기지국(130)은 상기 $Y^i(3)$ 및 $Y^i(4)$ 를 이용하여 기존의 STBC(Space Time Block Coding) 복호 방법을 통해 $X^i(2)$ 및 $X^i(3)$ 을 복조한다.

[0068]

여기서, $\hat{\mathbf{X}}^i(2)$ 과 $\hat{\mathbf{X}}^i(3)$ 의 추정에 앞서, $\tilde{\mathbf{X}}^i(2)$ 과 $\tilde{\mathbf{X}}^i(3)$ 을 수학적식 11 및 12와 같이 유도한다.

수학적식 11

$$\begin{aligned} \tilde{\mathbf{X}}^i(2) &= (\mathbf{H}_2^i)^* \mathbf{Y}^i(3) - \mathbf{H}_1^i (\mathbf{Y}^i(4))^* \\ &= (|\mathbf{H}_1^i|^2 + |\mathbf{H}_2^i|^2) \mathbf{X}^i(2) + \mathbf{W} \end{aligned}$$

[0069]

수학적식 12

$$\begin{aligned} \tilde{\mathbf{X}}^i(3) &= (\mathbf{H}_1^i)^* \mathbf{Y}^i(3) + \mathbf{H}_2^i (\mathbf{Y}^i(4))^* \\ &= (|\mathbf{H}_1^i|^2 + |\mathbf{H}_2^i|^2) \mathbf{X}^i(3) + \mathbf{W} \end{aligned}$$

[0070]

[0071] 여기서 수학적식 11 및 12를 이용하여, $\hat{\mathbf{X}}^i(2)$ 과 $\hat{\mathbf{X}}^i(3)$ 를 아래의 수학적식 13 및 14와 같이 유도한다.

수학식 13

$$\hat{\mathbf{X}}^i(2) = \frac{\tilde{\mathbf{X}}^i(2)}{\left(|\mathbf{H}_1^i|^2 + |\mathbf{H}_2^i|^2\right)}$$

[0072]

수학식 14

$$\hat{\mathbf{X}}^i(3) = \frac{\tilde{\mathbf{X}}^i(3)}{\left(|\mathbf{H}_1^i|^2 + |\mathbf{H}_2^i|^2\right)}$$

[0073]

[0074] 이러한 디코딩 알고리즘은 일반적인 STBC 복호 알고리즘과 동일하다.

[0075] 다음, 상기 기지국(130)은 상기 $\hat{\mathbf{X}}^i(2)$ 의 복조 신호 $\hat{\mathbf{X}}^i(2)$ 와 상기 $\mathbf{Y}^i(1)$ 및 $\mathbf{Y}^i(2)$ 를 이용하여 SIC(Successive Interference Cancellation) 방법을 통해 $\hat{\mathbf{X}}^i(1)$ 을 복조한다.

[0076] $\hat{\mathbf{X}}^i(1)$ 을 검출하기 위하여 우선 α 와 $\tilde{\mathbf{X}}^i(1)$ 을 수학식 15 및 16과 같이 유도한다.

수학식 15

$$\alpha \equiv \mathbf{Y}^i(2) - \mathbf{H}_1^i \hat{\mathbf{X}}^i(2)$$

[0077]

[0078] 여기서, $\hat{\mathbf{X}}^i(2)$ 는 앞서 STBC 복조를 통해 추정된 바 있다.

수학식 16

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{X}}^i(1) &= \left(\mathbf{H}_1^i\right)^* \mathbf{Y}^i(1) + \left(\mathbf{H}_2^i\right)^* \alpha \\ &= \left(|\mathbf{H}_1^i|^2 + |\mathbf{H}_2^i|^2\right) \mathbf{X}^i(1) + \mathbf{W} \end{aligned}$$

[0079]

[0080] 그리고 수학식 16을 이용하여 $\hat{\mathbf{X}}^i(1)$ 를 아래의 수학식 17과 같이 유도한다.

수학식 17

$$\hat{\mathbf{X}}^i(1) = \frac{\tilde{\mathbf{X}}^i(2)}{\left(|\mathbf{H}_1^i|^2 + |\mathbf{H}_2^i|^2\right)}$$

[0081]

[0082] 이상과 같은 본 발명의 실시예에 따른 OFDMA 기반의 협력 통신 방법에 따르면, 신호의 전송률을 기존의 2/3에서 3/4으로 증가시킬 수 있다. 전송률의 증가에 따른 전송속도의 비교를 위하여 아래 수학적 식 18을 통해 전송속도 G 를 구할 수 있다.

수학적 식 18

$$G = (1 - R) \times R_t \times N$$

[0084] 여기서, R 은 비트오류율이고 R_t 는 전송률, N 은 단위 전송 시간당 전송비트의 길이이다. 따라서, 전송속도 G 는 단위 페이즈 시간당 전송에 성공한 비트 수를 나타낸다. 전송속도는 전송률에 따라 변화하지만 비트오류 성능에 따라서도 변화하기 때문에 비트오류 성능을 살펴봐야 한다.

[0085] 도 3은 기존의 시스템에서의 비트오류 성능과 본 발명의 실시예에 따른 시스템에서의 비트오류 성능을 비교 분석한 그래프이다. 여기서, 기존 시스템의 전송률은 2/3이고 본 실시예에 따른 전송률은 3/4이다. 도 3을 참조하면, 본 발명의 비트오류 성능이 대략 0.5dB정도 감소하였으나 기존과 유사 수준에 해당된다.

[0086] 도 4는 도 3의 비트오류 성능과 전송률을 고려하여 계산된 전송 속도 성능의 비교 분석 그래프이다. 본 실시예의 경우 기존의 시스템에 비해 전송 속도가 증가한 것을 알 수 있다. 따라서 본 실시예에 따르면, 별도의 추가적인 장치 없이도 전송속도를 증가시킬 수 있으며 더욱 빠른 통신을 수행할 수 있는 이점이 있다.

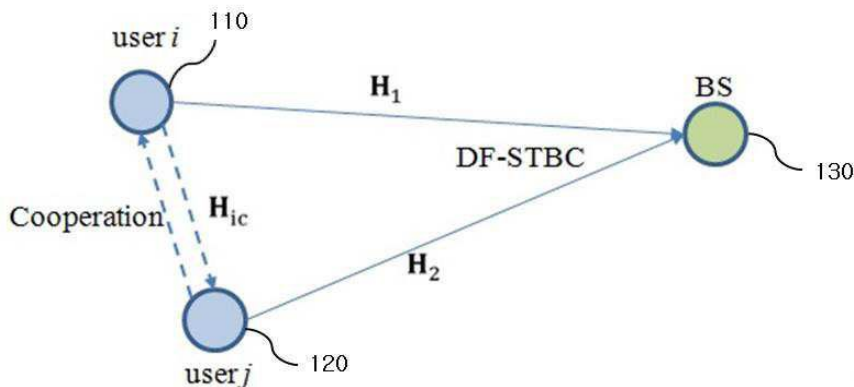
[0087] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

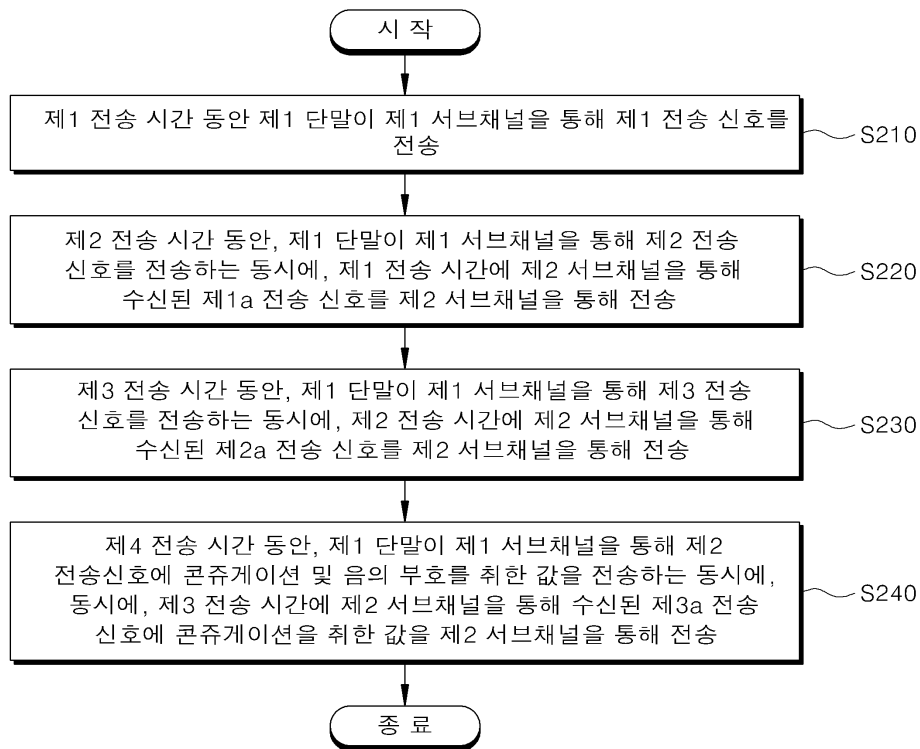
[0088] 110: 제1 단말 120: 제2 단말
130: 기지국

도면

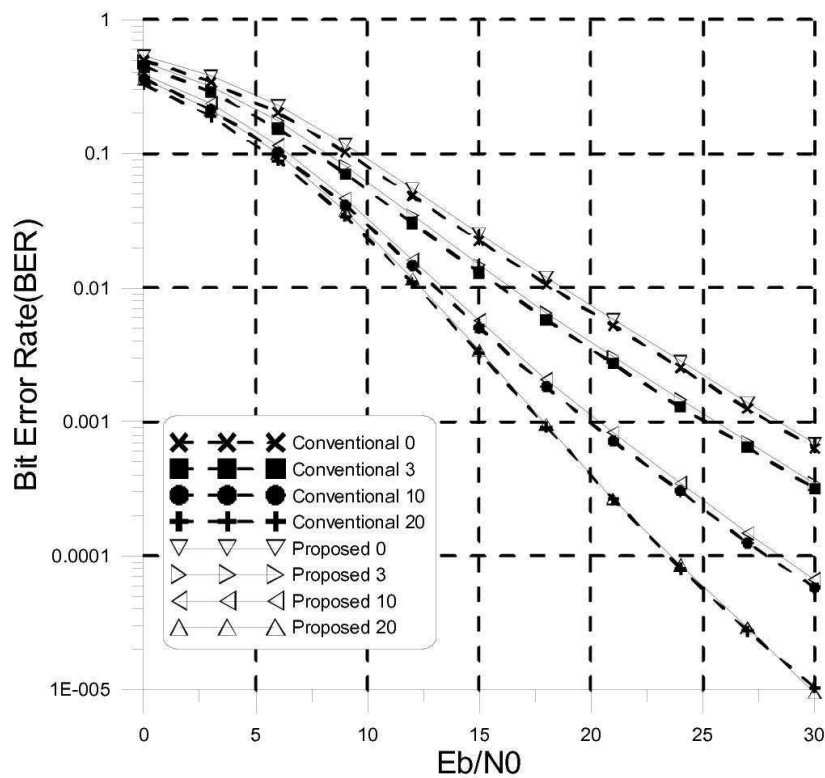
도면1



도면2



도면3



도면4

