(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년05월12일
(11) 등록번호 10-1731759
(24) 등록일자 2017년04월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/02 (2017.01) *H04B 7/06* (2017.01)
H04B 7/155 (2006.01) *H04L 25/02* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04B 7/026 (2013.01)
H04B 7/0619 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0076561
(22) 출원일자 2016년06월20일
심사청구일자 2016년06월20일
(56) 선행기술조사문헌
KR101449875 B1
KR101552442 B1
KR101563465 B1

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
송형규
경기도 성남시 분당구 중앙공원로 17 320동 303호 (서현동,시범단지한양아파트)
김상영
경기도 성남시 중원구 희망로322번길 8 (상대원동)
김용준
경기도 화성시 우정읍 조암동로 58, 110동 1201호
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 14 항 심사관 : 김성태

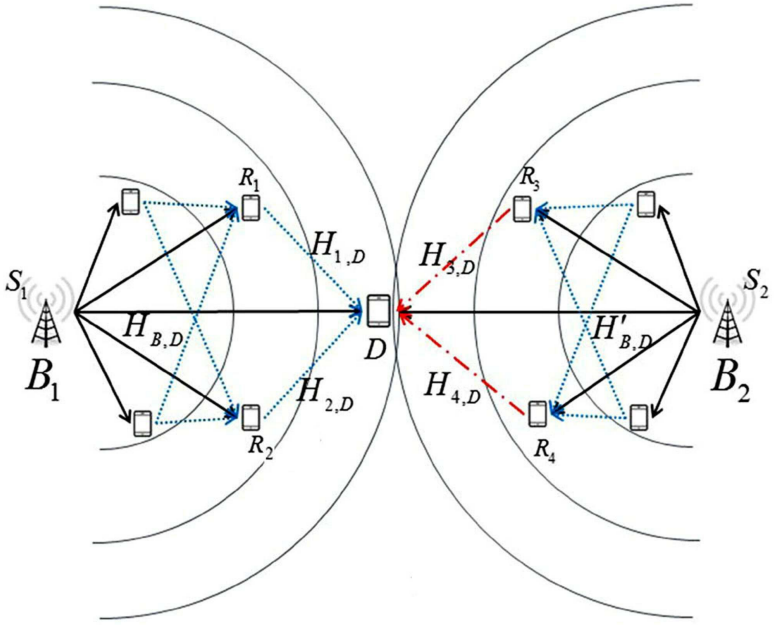
(54) 발명의 명칭 **프리 코딩을 이용한 적응적 협력 통신 시스템 및 그것을 이용한 협력 통신 방법**

(57) 요 약

본 발명은 프리 코딩을 이용한 적응적 협력 통신 시스템 및 그것을 이용한 협력 통신 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 제1 셀 내에서 제1 기지국에 대한 수신 단말의 위치를 판단하는 단계와, 수신 단말이 상기 제1 기지국으로부터 기준 범위 이내에 위치한 경우 상기 수신 단말은 상기 제1 셀 내의 제1 및 제2 중계 단말, 제1 기

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도4



지국과 각각 대응하는 제1, 제2 및 제3 채널을 각각 추정하는 단계와, 상기 제1 채널 및 제2 채널 간의 위상차를 기초로 제1 피드백 정보를 생성하고, 상기 제1 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터를 적용한 제2 채널과 상기 제1 채널 간에 얻은 합성 채널 및 상기 제3 채널 간의 위상차를 기초로 제2 피드백 정보를 생성하는 단계와, 상기 제1 피드백 정보를 제1 중계 단말 또는 제2 중계 단말로, 상기 제2 피드백 정보를 상기 제1 및 제2 중계 단말로 전송하는 단계, 및 상기 기지국으로부터 제1 신호를 수신하고, 상기 제1 및 제2 중계 단말로부터 상기 제1 또는 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터가 반영된 복조된 제1 신호를 수신하는 단계를 포함하는 협력 통신 방법을 제공한다.

본 발명에 따르면, 무선 통신 환경에서 발생하는 경로 손실 및 셀 간 간섭의 영향을 줄이며 인접 셀 내의 단말들의 성능을 저하시키지 않고 셀 가장자리에 있는 수신 단말의 신뢰성을 높일 수 있는 이점이 있다.

(52) CPC특허분류
H04B 7/15592 (2013.01)
H04L 25/0204 (2013.01)
H04L 25/0242 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 10054819
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
연구사업명 전자정보디바이스산업원천기술개발
연구과제명 재난 및 산업현장용 모듈형 웨어러블 플랫폼 기술개발
기 여 율 1/1
주관기관 세종대학교 산학협력단
연구기간 2015.09.01 ~ 2016.08.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

적응적 협력 통신 시스템을 이용한 협력 통신 방법에 있어서,

제1 셀 내에서 제1 기지국에 대한 수신 단말의 위치를 판단하는 단계;

수신 단말이 상기 제1 기지국으로부터 기준 범위 이내에 위치한 경우 상기 수신 단말은 상기 제1 셀 내의 제1 및 제2 중계 단말, 제1 기지국과 각각 대응하는 제1, 제2 및 제3 채널을 각각 추정하는 단계;

상기 제1 채널 및 제2 채널 간의 위상차를 기초로 제1 피드백 정보를 생성하고, 상기 제1 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터를 적용한 제2 채널과 상기 제1 채널 간에 얻은 합성 채널 및 상기 제3 채널 간의 위상차를 기초로 제2 피드백 정보를 생성하는 단계;

상기 제1 피드백 정보를 제1 중계 단말 또는 제2 중계 단말로, 상기 제2 피드백 정보를 상기 제1 및 제2 중계 단말로 전송하는 단계; 및

상기 기지국으로부터 제1 신호를 수신하고, 상기 제1 및 제2 중계 단말로부터 상기 제1 또는 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터가 반영된 복조된 제1 신호를 수신하는 단계를 포함하는 협력 통신 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제1 및 제2 피드백 정보는 각각 2 bit 신호이고,

상기 제1 피드백 정보는,

상기 제1 채널 및 상기 제2 채널 간의 위상차가 속하는 각도 구간을 기초로 상기 제2 채널의 위상을 유지하거나, 90° 회전시키거나, 180° 회전시키거나, 270° 회전시키도록 요청하는 정보를 포함하고,

상기 제2 피드백 정보는,

상기 합성 채널 및 상기 제3 채널 간의 위상차가 속하는 각도 구간을 기초로 상기 제1 및 제2 채널의 위상을 유지하거나, 90° 회전시키거나, 180° 회전시키거나, 270° 회전시키도록 요청하는 정보를 포함하는 협력 통신 방법.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 제1 또는 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터는 아래의 수학식으로 정의되는 협력 통신 방법:

$$C_n = \begin{cases} 1 & , \text{ if } 0 \le |\alpha| < \pi/4,\ 7\pi/4 \le |\alpha| < 2\pi \\ e^{-j\pi/2} & , \text{ if } \pi/4 \le |\alpha| < 3\pi/4 \\ e^{-j\pi} & , \text{ if } 3\pi/4 \le |\alpha| < 5\pi/4 \\ e^{j\pi/2} & , \text{ if } 5\pi/4 \le |\alpha| < 7\pi/4 \end{cases}$$

여기서, C_n은 제n 피드백 정보에 각각 대응하는 제n 프리코딩 벡터(n=1,2), α는 위상 차를 의미한다.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 수신 단말이 수신한 신호는 아래의 수학식으로 정의되는 협력 통신 방법:

$$Y=(H_{1,D}\widehat{S_1}+C_1H_{2,D}\widehat{S_1})C_2+H_{B,D}S_1+N$$

여기서, $H_{1,D}$, $H_{2,D}$ 및 $H_{B,D}$는 각각 상기 제1, 제2 및 제3 채널, S_1은 상기 제1 신호, $\widehat{S_1}$는 상기 복조된 제1 신호, N은 노이즈를 나타낸다.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 기준 범위 밖의 셀 가장자리에 위치한 경우 상기 수신 단말은 상기 제1 셀에 인접한 제2 셀 내의 제3 및 제4 중계 단말, 제2 기지국과 각각 대응하는 제4, 제5 및 제6 채널을 추정하여, 추정한 채널들을 기초로 제3 및 제4 피드백 정보를 생성한 후, 상기 제3 피드백 정보를 상기 제3 중계 단말 또는 제4 중계 단말로, 상기 제4 피드백 정보를 상기 제3 및 제4 중계 단말로 전송하는 단계; 및

상기 제2 기지국으로부터 제2 신호를 추가로 수신하고, 상기 제3 및 제4 중계 단말로부터 상기 제3 또는 제4 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터가 반영된 복조된 제2 신호를 추가로 수신하는 단계를 더 포함하는 협력 통신 방법.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 제3 또는 제4 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터는 아래의 수학식으로 정의되는 협력 통신 방법:

$$C_n=\begin{cases} e^{-j\pi} & , \quad \text{if} \quad 0\le|\alpha|<\pi/4,\ 7\pi/4\le|\alpha|<2\pi \\ e^{j\pi/2} & , \quad \text{if} \quad \pi/4\le|\alpha|<3\pi/4 \\ 1 & , \quad \text{if} \quad 3\pi/4\le|\alpha|<5\pi/4 \\ e^{-j\pi/2} & , \quad \text{if} \quad 5\pi/4\le|\alpha|<7\pi/4 \end{cases}$$

여기서, C_n은 제n 피드백 정보에 각각 대응하는 제n 프리코딩 벡터(n=3,4), α는 위상 차를 의미한다.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 셀 가장자리에 위치한 경우 상기 수신 단말이 수신한 신호는 아래의 수학식으로 정의되는 협력 통신 방법:

$$\begin{aligned} Y=&(H_{1,D}\widehat{S_1}+C_1H_{2,D}\widehat{S_1})C_2+H_{B,D}S_1 \\ &+(H_{3,D}\widehat{S_2}+C_3H_{4,D}\widehat{S_2})C_4+H'_{B,D}S_2+N \end{aligned}$$

여기서, $H_{3,D}$, $H_{4,D}$ 및 $H'_{B,D}$는 각각 상기 제4, 제5 및 제6 채널, S_2은 상기 제2 신호, $\widehat{S_2}$는 상기 복조된 제2 신호를 나타낸다.

청구항 8

제1 셀 내의 제1 기지국, 제1 및 제2 중계 단말, 수신 단말을 포함한 협력 통신 시스템에 있어서,

상기 수신 단말은,

제1 셀 내에서 상기 제1 기지국에 대한 위치를 판단하는 위치 판단부;

상기 수신 단말이 상기 제1 기지국으로부터 기준 범위 이내에 위치한 경우 상기 제1 셀 내의 제1 및 제2 중계

단말, 제1 기지국과 각각 대응하는 제1, 제2 및 제3 채널을 각각 추정하는 채널 추정부;

상기 제1 채널 및 제2 채널 간의 위상차를 기초로 제1 피드백 정보를 생성하고, 상기 제1 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터를 적용한 제2 채널과 상기 제1 채널 간에 얻은 합성 채널 및 상기 제3 채널 간의 위상차를 기초로 제2 피드백 정보를 생성하는 피드백 정보 생성부;

상기 제1 피드백 정보를 제1 중계 단말 또는 제2 중계 단말로, 상기 제2 피드백 정보를 상기 제1 및 제2 중계 단말로 전송하는 피드백 정보 전송부; 및

상기 기지국으로부터 제1 신호를 수신하고, 상기 제1 및 제2 중계 단말로부터 상기 제1 또는 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터가 반영된 복조된 제1 신호를 수신하는 수신부를 포함하는 협력 통신 시스템.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 제1 및 제2 피드백 정보는 각각 2 bit 신호이고,

상기 제1 피드백 정보는,

상기 제1 채널 및 상기 제2 채널 간의 위상차가 속하는 각도 구간을 기초로 상기 제2 채널의 위상을 유지하거나, 90° 회전시키거나, 180° 회전시키거나, 270° 회전시키도록 요청하는 정보를 포함하고,

상기 제2 피드백 정보는,

상기 합성 채널 및 상기 제3 채널 간의 위상차가 속하는 각도 구간을 기초로 상기 제1 및 제2 채널의 위상을 유지하거나, 90° 회전시키거나, 180° 회전시키거나, 270° 회전시키도록 요청하는 정보를 포함하는 협력 통신 시스템.

청구항 10

청구항 8 또는 청구항 9에 있어서,

상기 제1 또는 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터는 아래의 수학식으로 정의되는 협력 통신 시스템:

$$C_n = \begin{cases} 1 & , \quad \text{if} \quad 0 \le |\alpha| < \pi/4,\ 7\pi/4 \le |\alpha| < 2\pi \\ e^{-j\pi/2} & , \quad \text{if} \quad \pi/4 \le |\alpha| < 3\pi/4 \\ e^{-j\pi} & , \quad \text{if} \quad 3\pi/4 \le |\alpha| < 5\pi/4 \\ e^{j\pi/2} & , \quad \text{if} \quad 5\pi/4 \le |\alpha| < 7\pi/4 \end{cases}$$

여기서, C_n은 제n 피드백 정보에 각각 대응하는 제n 프리코딩 벡터(n=1,2), α는 위상 차를 의미한다.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 수신 단말이 수신한 신호는 아래의 수학식으로 정의되는 협력 통신 시스템:

$$Y = (H_{1,D}\widehat{S_1} + C_1 H_{2,D}\widehat{S_1})C_2 + H_{B,D}S_1 + N$$

여기서, $H_{1,D}$, $H_{2,D}$ 및 $H_{B,D}$는 각각 상기 제1, 제2 및 제3 채널, S_1은 상기 제1 신호, $\widehat{S_1}$는 상기 복조된 제1 신호, N은 노이즈를 나타낸다.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 수신 단말은,

상기 기준 범위 밖의 셀 가장자리에 위치한 경우, 상기 제1 셀에 인접한 제2 셀 내의 제3 및 제4 중계 단말, 제

2 기지국과 각각 대응하는 제4, 제5 및 제6 채널을 추정하여, 추정한 채널들을 기초로 제3 및 제4 피드백 정보를 생성한 후, 상기 제3 피드백 정보를 상기 제3 중계 단말 또는 제4 중계 단말로, 상기 제4 피드백 정보를 상기 제3 및 제4 중계 단말로 전송하며,

상기 제2 기지국으로부터 제2 신호를 추가로 수신하고, 상기 제3 및 제4 중계 단말로부터 상기 제3 또는 제4 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터가 반영된 복조된 제2 신호를 추가로 수신하는 협력 통신 시스템.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 제3 또는 제4 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터는 아래의 수학식으로 정의되는 협력 통신 시스템:

$$C_n = \begin{cases} e^{-j\pi} & , \quad \text{if} \quad 0 \le |\alpha| < \pi/4,\ 7\pi/4 \le |\alpha| < 2\pi \\ e^{j\pi/2} & , \quad \text{if} \quad \pi/4 \le |\alpha| < 3\pi/4 \\ 1 & , \quad \text{if} \quad 3\pi/4 \le |\alpha| < 5\pi/4 \\ e^{-j\pi/2} & , \quad \text{if} \quad 5\pi/4 \le |\alpha| < 7\pi/4 \end{cases}$$

여기서, C_n은 제n 피드백 정보에 각각 대응하는 제n 프리코딩 벡터(n=3,4), α는 위상 차를 의미한다.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 셀 가장자리에 위치한 경우 상기 수신 단말이 수신한 신호는 아래의 수학식으로 정의되는 협력 통신 시스템:

$$Y = (H_{1,D}\widehat{S}_1 + C_1 H_{2,D}\widehat{S}_1)C_2 + H_{B,D}S_1 + (H_{3,D}\widehat{S}_2 + C_3 H_{4,D}\widehat{S}_2)C_4 + H'_{B,D}S_2 + N$$

여기서, $H_{3,D}$, $H_{4,D}$ 및 $H'_{B,D}$는 각각 상기 제4, 제5 및 제6 채널, S_2은 상기 제2 신호, $\widehat{S}_2$는 상기 복조된 제2 신호를 나타낸다.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 프리 코딩을 이용한 적응적 협력 통신 시스템 및 그것을 이용한 협력 통신 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 셀 가장자리에서 발생하는 셀 간 간섭의 영향을 줄이고 시스템의 신뢰성을 높일 수 있는 프리 코딩을 이용한 적응적 협력 통신 시스템 및 그것을 이용한 협력 통신 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 무선 통신 환경에서 신호의 감쇄와 왜곡은 다중 경로 페이딩에 의하여 발생하며 수신 단말에서 원신호의 복원을 어렵게 한다. 이러한 문제는 동일한 신호를 반복적으로 전송함으로써 해결할 수 있는데 MIMO(Multi-Input Multi-Output) 기법이 대표적인 방법 중 하나이다.

[0003] MIMO 기법은 송신단에서 다중의 안테나를 통해서 신호를 전송하며, 다중의 안테나에서 전송하는 신호에 의해 수신 단말에서 다이버시티 이득을 얻는다. 하지만 단일 안테나를 사용하는 무선 통신 시스템에서는 MIMO 기법이 적합하지 않으며 협력 통신 기법이 사용된다.

[0004] 협력 통신은 단일 안테나를 가지는 사용자 단말들이 협력하여 가상의 다중 안테나를 형성하는 기법이다. 다시 말해, 협력 통신은 사용자 단말들이 안테나를 공유하여 마치 하나의 이동통신 기기에서 정보를 전송하는 것처럼 보이게 하는 기술로, 높은 신뢰성을 가진다. 협력 통신은 송신단(기지국), 중계 단말, 수신 단말로 구성된다. 복조 후 재전송 기법 즉, DF(Decode-and-Forward) 기법은 협력 통신을 이루는 한 가지 방법으로, 중계 단말이 송신단에게서 수신한 신호를 복호한 후 다시 부호화하여 수신 단말로 전송하는 기법이다. 이러한 DF 기법이 채

널 코딩과 결합되면 잡음 등에 더욱 강인한 특성을 가진다.

[0005] 그런데 무선 통신 환경에서 수신 단말과 기지국의 거리가 멀수록 경로 손실로 인한 신호 감쇄가 발생하게 되며 셀 가장자리에서 인접 셀의 신호가 간섭으로 작용하여 셀 간 간섭이 발생하게 된다. 일어한 경로 손실과 셀 간 간섭은 시스템의 신뢰성을 저하시키는 큰 요인이 된다.

[0006] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국공개특허 제2015-0064834호(2015.06.12 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 무선 통신 환경에서 발생하는 경로 손실과 셀 간 간섭의 영향을 감소시킴에 따라 시스템의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 프리 코딩을 이용한 적응적 협력 통신 시스템 및 그것을 이용한 협력 통신 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은, 적응적 협력 통신 시스템을 이용한 협력 통신 방법에 있어서, 제1 셀 내에서 제1 기지국에 대한 수신 단말의 위치를 판단하는 단계와, 수신 단말이 상기 제1 기지국으로부터 기준 범위 이내에 위치한 경우 상기 수신 단말은 상기 제1 셀 내의 제1 및 제2 중계 단말, 제1 기지국과 각각 대응하는 제1, 제2 및 제3 채널을 각각 추정하는 단계와, 상기 제1 채널 및 제2 채널 간의 위상차를 기초로 제1 피드백 정보를 생성하고, 상기 제1 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터를 적용한 제2 채널과 상기 제1 채널 간에 얻은 합성 채널 및 상기 제3 채널 간의 위상차를 기초로 제2 피드백 정보를 생성하는 단계와, 상기 제1 피드백 정보를 제1 중계 단말 또는 제2 중계 단말로, 상기 제2 피드백 정보를 상기 제1 및 제2 중계 단말로 전송하는 단계, 및 상기 기지국으로부터 제1 신호를 수신하고, 상기 제1 및 제2 중계 단말로부터 상기 제1 또는 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터가 반영된 복조된 제1 신호를 수신하는 단계를 포함하는 협력 통신 방법을 제공한다.

[0009] 여기서, 상기 제1 및 제2 피드백 정보는 각각 2 bit 신호이고, 상기 제1 피드백 정보는, 상기 제1 채널 및 상기 제2 채널 간의 위상차가 속하는 각도 구간을 기초로 상기 제2 채널의 위상을 유지하거나, 90° 회전시키거나, 180° 회전시키거나, 270° 회전시키도록 요청하는 정보를 포함하고, 상기 제2 피드백 정보는, 상기 합성 채널 및 상기 제3 채널 간의 위상차가 속하는 각도 구간을 기초로 상기 제1 및 제2 채널의 위상을 유지하거나, 90° 회전시키거나, 180° 회전시키거나, 270° 회전시키도록 요청하는 정보를 포함할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 제1 또는 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터는 아래의 수학식으로 정의될 수 있다.

[0011]
$$C_n = \begin{cases} 1, & \text{if } 0 \le |\alpha| < \pi/4,\ 7\pi/4 \le |\alpha| < 2\pi \\ e^{-j\pi/2}, & \text{if } \pi/4 \le |\alpha| < 3\pi/4 \\ e^{-j\pi}, & \text{if } 3\pi/4 \le |\alpha| < 5\pi/4 \\ e^{j\pi/2}, & \text{if } 5\pi/4 \le |\alpha| < 7\pi/4 \end{cases}$$

[0012] 여기서, C_n은 제n 피드백 정보에 각각 대응하는 제n 프리코딩 벡터(n=1,2), α는 위상 차를 의미한다.

[0013] 또한, 상기 수신 단말이 수신한 신호는 아래의 수학식으로 정의될 수 있다.

[0014]
$$Y = (H_{1,D}\widehat{S_1} + C_1 H_{2,D}\widehat{S_1})C_2 + H_{B,D}S_1 + N$$

[0015] 여기서, $H_{1,D}$, $H_{2,D}$ 및 $H_{B,D}$는 각각 상기 제1, 제2 및 제3 채널, S_1은 상기 제1 신호, $\widehat{S_1}$는 상기 복조된 제1 신호, N은 노이즈를 나타낸다.

[0016] 또한, 상기 협력 통신 방법은, 상기 기준 범위 밖의 셀 가장자리에 위치한 경우 상기 수신 단말은 상기 제1 셀에 인접한 제2 셀 내의 제3 및 제4 중계 단말, 제2 기지국과 각각 대응하는 제4, 제5 및 제6 채널을 추정하여, 추정한 채널들을 기초로 제3 및 제4 피드백 정보를 생성한 후, 상기 제3 피드백 정보를 상기 제3 중계 단말 또는 제4 중계 단말로, 상기 제4 피드백 정보를 상기 제3 및 제4 중계 단말로 전송하는 단계, 및 상기 제2 기지국으로부터 제2 신호를 추가로 수신하고, 상기 제3 및 제4 중계 단말로부터 상기 제2 신호에 대한 복조된 제2 신

호를 수신하되 상기 제3 또는 제4 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터가 반영된 복조된 제2 신호를 추가로 수신하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 제3 또는 제4 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터는 아래의 수학식으로 정의될 수 있다.

[0018]
$$C_n = \begin{cases} e^{-j\pi}, & \text{if } 0 \le |\alpha| < \pi/4,\ 7\pi/4 \le |\alpha| < 2\pi \\ e^{j\pi/2}, & \text{if } \pi/4 \le |\alpha| < 3\pi/4 \\ 1, & \text{if } 3\pi/4 \le |\alpha| < 5\pi/4 \\ e^{-j\pi/2}, & \text{if } 5\pi/4 \le |\alpha| < 7\pi/4 \end{cases}$$

[0019] 여기서, C_n은 제n 피드백 정보에 각각 대응하는 제n 프리코딩 벡터(n=3,4), α는 위상 차를 의미한다.

[0020] 또한, 상기 셀 가장자리에 위치한 경우 상기 수신 단말이 수신한 신호는 아래의 수학식으로 정의될 수 있다.

[0021]
$$Y = (H_{1,D}\hat{S}_1 + C_1 H_{2,D}\hat{S}_1)C_2 + H_{B,D}S_1 + (H_{3,D}\hat{S}_2 + C_3 H_{4,D}\hat{S}_2)C_4 + H'_{B,D}S_2 + N$$

[0022] 여기서, $H_{3,D}$, $H_{4,D}$ 및 $H'_{B,D}$는 각각 상기 제4, 제5 및 제6 채널, S_2은 상기 제2 신호, $\hat{S}_2$는 상기 복조된 제2 신호를 나타낸다.

[0023] 그리고, 본 발명은 제1 셀 내의 제1 기지국, 제1 및 제2 중계 단말, 수신 단말을 포함한 협력 통신 시스템에 있어서, 상기 수신 단말은, 제1 셀 내에서 상기 제1 기지국에 대한 위치를 판단하는 위치 판단부와, 상기 수신 단말이 상기 제1 기지국으로부터 기준 범위 이내에 위치한 경우 상기 제1 셀 내의 제1 및 제2 중계 단말, 제1 기지국과 각각 대응하는 제1, 제2 및 제3 채널을 각각 추정하는 채널 추정부와, 상기 제1 채널 및 제2 채널 간의 위상차를 기초로 제1 피드백 정보를 생성하고, 상기 제1 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터를 적용한 제2 채널과 상기 제1 채널 간에 얻은 합성 채널 및 상기 제3 채널 간의 위상차를 기초로 제2 피드백 정보를 생성하는 피드백 정보 생성부와, 상기 제1 피드백 정보를 제1 중계 단말 또는 제2 중계 단말로, 상기 제2 피드백 정보를 상기 제1 및 제2 중계 단말로 전송하는 피드백 정보 전송부, 및 상기 기지국으로부터 제1 신호를 수신하고, 상기 제1 및 제2 중계 단말로부터 상기 제1 또는 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터가 반영된 복조된 제1 신호를 수신하는 수신부를 포함하는 협력 통신 시스템을 제공한다.

발명의 효과

[0024] 본 발명에 따른 프리 코딩을 이용한 적응적 협력 통신 시스템 및 그것을 이용한 협력 통신 방법에 따르면, 수신 단말의 위치에 따라 통신 기법을 적응적으로 변환시켜 무선 통신 환경에서 발생하는 경로 손실 및 셀 간 간섭의 영향을 줄일 수 있으며 인접 셀 내의 단말들의 성능을 저하시키지 않고 셀 가장자리에 있는 수신 단말의 신뢰성을 높일 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명이 사용하는 협력 통신 시스템의 모델을 나타낸 도면이다.

도 2는 도 1의 시스템 모델에서 기지국과 수신 단말 사이의 거리가 가까운 경우의 통신을 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 협력 통신 시스템에서 기지국과 수신 단말 사이의 거리가 먼 경우의 통신을 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 협력 통신 시스템에서 수신 단말이 셀 가장자리에 위치한 경우의 통신을 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 수신 단말의 구성을 나타낸 도면이다.

도 6 및 도 7은 본 발명의 실시예에서 건설적 SPC 기법 및 비건설적 SPC 기법의 위상 보정을 각각 설명하는 도면이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 적응적 협력 통신 방법을 설명하는 도면이다.

도 9는 본 발명의 실시 예에 따른 비트 오류 확률 그래프를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0027] 도 1은 본 발명이 사용하는 협력 통신 시스템의 모델을 나타낸 도면이다. 도 1을 참조하면, 협력 통신 시스템은 기지국(B1), 중계 단말(R), 그리고 수신 단말(D)을 포함한다.

[0028] 기지국(B1)은 신호를 전송하는 송신단에 해당한다. 중계 단말(R)은 DF(Decode-and-Forward; 복조 후 재전송) 방식의 협력 통신 기법을 사용하므로, 기지국(B1)으로부터 수신한 신호를 복조한 후 다시 변조하여 수신 단말(D)로 재전송한다.

[0029] 도 2는 도 1의 시스템 모델에서 기지국과 수신 단말 사이의 거리가 가까운 경우의 통신을 나타낸 도면이다. 도 2와 같이 기지국(B1)과 수신 단말(D) 사이의 거리가 가까울 경우 경로 손실로 인한 신호 감쇄 영향이 적기 때문에, 중계 단말(R) 없이 기지국(B1)과 수신 단말(D) 간에 직접 통신하면 된다. 즉, 기지국(B1)은 SISO OFDM 방식만을 적용하여 신호를 전송하여도 높은 신뢰성을 얻을 수 있다. 수학식 1은 도 2의 모델에서 수신 단말(D)에 수신되는 신호를 나타낸다.

수학식 1

[0030] $$Y = H_{B,D}S_1 + N$$

[0031] 여기서, S_1은 기지국(B1)이 보낸 신호, $H_{B,D}$는 기지국(B1)과 수신 단말(D) 간의 채널, N은 노이즈를 나타낸다.

[0032] 본 발명의 실시예에 따른 협력 통신 시스템의 경우 수신 단말이 기지국과 설정 거리 이내로 가까울 때는 중계 단말을 사용하지 않고 통신할 수 있으며, 설정 거리 밖으로 멀리 위치할 때는 중계 단말을 사용하는 협력 통신 기법과 함께 SPC(Spatial Phase Coding; 공간 위상 부호화) 기법을 사용하여 경로 손실을 줄임과 동시에 다이버시티 이득을 향상시킨다.

[0033] SPC 기법을 사용하기 위해서 수신 단말은 채널 추정을 통해 채널 상태 정보를 얻어야 하고 채널 상태 정보를 중계 단말로 피드백해야 한다. 중계 단말은 피드백 받은 채널 상태 정보를 이용하여 신호의 위상을 수정하여 전송함에 따라 수신 단말은 건설적으로 중첩된 신호를 받을 수 있다.

[0034] 그런데 수신 단말이 셀 가장자리에 위치할 때는 경로 손실 이외에도 인접 셀의 간섭으로 인한 성능 열화가 발생하므로, 협력 통신과 SPC를 사용하여 다이버시티 이득을 얻는 것 이외에도 인접 셀의 영향을 줄이기 위한 비건설적인 SPC 기법을 추가적으로 사용하여 간섭 신호의 크기를 줄이고 신뢰성을 높인다.

[0035] 이하에서는 도 3 및 도 4를 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 협력 통신 시스템에 관하여 더욱 설명한다.

[0036] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 협력 통신 시스템에서 기지국과 수신 단말 사이의 거리가 먼 경우의 통신을 나타낸 도면이다. 도 3에 도시된 협력 통신 시스템은 제1 셀 내의 제1 기지국(B1), 제1 및 제2 중계 단말(R1,R2), 그리고 수신 단말(D)을 포함한다.

[0037] 이러한 도 3은 수신 단말(D)이 제1 셀 내의 제1 기지국(B1)으로부터 멀리 위치하면서 셀 가장자리보다는 내측에 위치한 경우이다. 이는 수신 단말(D)의 위치가 제1 기지국(B1)으로부터 기준 범위 이내에 위치한 경우로 정의한다.

[0038] 이와 같이 제1 기지국(B1)과 수신 단말(D) 사이 거리가 먼 경우는 제1 셀 내에서의 경로 손실에 의한 시스템의 신뢰성 저하가 크게 발생하기 때문에, 두 개의 중계 단말(R1,R2)을 사용하여 협력 통신 환경을 구축하며, 또한 SPC 기법을 사용하여 다이버시티 이득을 얻고 신뢰성을 높인다. 이때, 제1 기지국(B1)이 보낸 신호(S_1)의 크기를 극대화하는 건설적 SPC 기법을 사용한다.

[0039] 물론, 수신 단말(D)이 기준 범위의 하한보다 가까운 위치에 있다면 중계 단말 없이 통신하는 도 2의 방법을 사용하면 되고, 기준 범위의 상한보다 먼 곳에 위치한다면 이하의 도 4의 방법을 사용하면 된다.

[0040] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 협력 통신 시스템에서 수신 단말이 셀 가장자리에 위치한 경우의 통신을 나타낸 도면이다. 도 4에 도시된 협력 통신 시스템의 경우 제2 셀 내의 제2 기지국(B2)과 제3 및 제4 중계 단말(R3,R4)을 추가적으로 포함한다. 각 셀의 영역은 원형 영역으로 표시되어 있다.

[0041] 이러한 도 4는 수신 단말(D)이 기준 범위 밖인 제1 셀의 가장자리에 위치하여 인접한 제2 셀의 간섭을 받는 경우로서, 제1 셀에서의 경로 손실뿐만 아니라 인접한 제2 셀의 신호에 의한 셀 간 간섭까지 겪게 된다. 이때에는 도 3의 경우에 사용한 제1 셀 내의 협력 통신 및 SPC 기법도 사용하면서, 제2 셀과의 협력 통신을 추가적으로 적용하여 경로 손실과 셀 간 간섭으로 인한 성능 열화를 막는다.

[0042] 다만, 제1 셀 내에 있는 두 중계 단말(R1,R2)에는 채널 성능을 향상시키는 건설적 SPC 기법을 적용하고 제2 셀 내에 있는 두 중계 단말(R3,F4)에는 채널을 억압하기 위한 비건설적 SPC 기법을 적용한다.

[0043] 따라서, 도 4와 같이, 수신 단말(D)이 제1 셀의 가장자리에 위치하면, 제1 기지국(B1)이 보낸 신호(S_1)는 건설적 SPC 기법에 따라 크기를 향상시키는 동시에, 수신 단말(D)에게 간섭으로 작용하는 제2 기지국(B2)이 보낸 신호(S_2)는 비건설적 SPC 기법을 통해 크기를 감소시켜 셀 간 간섭의 영향을 줄일 수 있다.

[0044] 물론, 도 3에서처럼, 수신 단말(D)이 기지국(B1)과 소정 거리 떨어져 있는 동시에 셀 가장자리보다는 안쪽에 위치한 경우는 건설적 SPC 기법만을 사용하여 제1 기지국(B1)이 보낸 신호(S_1)의 크기를 향상시켜 제1 셀 내에서의 경로 손실을 줄인다.

[0045] 본 발명의 실시예에서 수신 단말(D)은 기지국(B1)으로부터 가까운지, 기준 범위 이내인지 혹은 기준 범위 밖인지를 판단하여 판단 결과에 따라 도 2, 도 3 또는 도 4에 의한 기법을 적응적으로 결정한다 도 2의 기법은 일반적인 사항에 해당하므로 이하의 설명에서 논외로 한다.

[0046] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 수신 단말의 구성을 나타낸 도면이다. 수신 단말(D)은 위치 판단부(1), 채널 추정부(2), 피드백 정보 생성부(3), 피드백 정보 전송부(4), 수신부(5), 제어부(6)를 포함한다.

[0047] 위치 판단부(1)는 제1 셀 내에서 제1 기지국(B1)에 대한 수신 단말(D)의 위치를 판단한다. 제1 기지국(B1)에 대한 수신 단말(D1)의 위치는 신호대 잡음비(SNR), RSSI(수신 신호 세기) 값 등의 기 공지 기술을 기반으로 판단할 수 있다. 물론, 수신 단말(D)은 기지국(B1)으로부터 제공받은 위치를 이용할 수도 있다.

[0048] 제어부(6)는 위치 판단 결과를 기초로 각 부(2,3,4)의 동작을 제어하는데 만일 수신 단말(D)이 제1 기지국(B1)으로부터 기준 범위 이내에 위치한 경우는 도 3에 도시된 기법을 위한 동작을 수행하게 하고 기준 범위 밖의 셀 가장자리에 위치한 경우는 도 4에 도시된 기법을 위한 동작을 수행하게 한다.

[0049] 도 3과 같이, 수신 단말(D)이 제1 기지국(B1)으로부터 기준 범위 이내에 위치할 때의 동작은 다음과 같다. 우선, 채널 추정부(2)는 제1 셀 내의 제1 중계 단말(R1), 제2 중계 단말(R1,R2), 및 제1 기지국(B1)과 각각 대응하는 제1 채널($H_{1,D}$), 제2 채널($H_{2,D}$) 및 제3 채널($H_{B,D}$)을 각각 추정한다.

[0050] 그러고, 피드백 정보 생성부(3)는 제1 채널($H_{1,D}$) 및 제2 채널($H_{2,D}$) 간의 위상차를 기초로 제1 피드백 정보를 생성하고, 합성 채널(H) 및 제3 채널($H_{B,D}$) 간의 위상차를 기초로 제2 피드백 정보를 생성한다. 여기서, 합성 채널(H)이란 제1 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터(C_1)를 적용한 제2 채널($C_1 \cdot H_{2,D}$) 및 제1 채널($H_{1,D}$) 간을 합성한 결과(채널 간의 벡터 합)에 해당한다.

[0051] 생성한 피드백 정보들은 제1 및 제2 중계 단말(R1,R2)로 피드백되는데, 추후 중계 단말(R1,R2)이 기지국(B1)으로부터 받은 신호를 복조 후 재전송할 때 위상을 수정하는데 사용된다.

[0052] 본 발명의 실시예에서 피드백 정보는 2 비트 신호를 사용할 수 있으며, 위상차가 네 가지 각도 구간 중 어디에 속하느냐에 따라 00, 01, 10 또는 11로 결정된다. 물론, 1 비트의 신호를 사용할 경우 2 비트일 때보다 넓은 각도 구간을 사용하므로 낮은 신뢰성을 가지며, 위상차가 두 가지 각도 구간 중 어디에 속하느냐에 따라 0 또는 1의 신호로 결정된다. 이하의 본 발명의 실시예는 2 비트의 피드백 정보를 사용하는 SPC 기법을 사용하는 것을 예시한다.

[0053] 피드백 정보 전송부(4)는 제1 피드백 정보를 제1 중계 단말(R1) 또는 제2 중계 단말(R2) 중 어느 하나로 전송하며, 제2 피드백 정보를 제1 중계 단말(R1) 및 제2 중계 단말(R2)에게 모두 전송한다. 이하에서는 설명의 편의상 제1 피드백 정보를 제2 중계 단말(R2)로 전송하는 것을 대표 예시로 한다.

[0054] 이때, 제1 피드백 정보는 제1 채널($H_{1,D}$) 및 제2 채널($H_{2,D}$) 간의 위상차(α)가 속하는 각도 구간을 기초로, 제2 채널($H_{2,D}$)의 위상을 유지하거나, 90° 회전시키거나, 180° 회전시키거나, 270° 회전시키도록 요청하는 정보를 포함한다.

[0055] 제2 피드백 정보는 합성 채널(H) 및 제3 채널($H_{B,D}$) 간의 위상차가 속하는 각도 구간을 기초로, 제1 및 제2 채널($H_{1,D}$,$H_{2,D}$)의 위상을 유지하거나, 90° 회전시키거나, 180° 회전시키거나, 270° 회전시키도록 요청하는 정보를 포함한다.

[0056] 수신부(5)는 제1 기지국(B1)으로부터 제1 신호(S_1)를 수신하고, 제1 및 제2 중계 단말(R1,R2)로부터 복조된 제1 신호($\widehat{S_1}$)를 수신하되 제1 또는 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터가 반영된 복조된 제1 신호를 각각 수신한다.

[0057] 이에 따라 수신 단말(D)이 수신한 신호는 아래의 수학식 2와 같이 정의된다.

수학식 2

[0058] $$Y=(H_{1,D}\widehat{S_1}+C_1H_{2,D}\widehat{S_1})C_2+H_{B,D}S_1+N$$

[0059] 여기서, $H_{1,D}$, $H_{2,D}$ 및 $H_{B,D}$는 각각 제1, 제2 및 제3 채널, S_1은 제1 신호, $\widehat{S_1}$는 복조된 제1 신호, N은 노이즈를 타나낸다. 또한, C_1 및 C_2는 제1 및 제2 피드백 정보에 각각 대응하는 제1 및 제2 프리코딩 벡터를 나타낸다.

[0060] 수학식 2에서, 제1 중계 단말(R1)이 복조한 제1 신호의 경우 C_2가 반영되어 수신되고, 제2 중계 단말(R2)이 복조한 제1 신호의 경우 C_1과 C_2가 모두 반영되어 수신된 것을 확인할 수 있다.

[0061] 각각의 프리코딩 벡터(C_1,C_2)는 수학식 3과 같이 정의된다. 수학식 3는 건설적 SPC 기법에 사용되는 프리코딩 벡터를 나타낸다.

수학식 3

[0062] $$C_n=\begin{cases}1, & \text{if } 0\le|\alpha|<\pi/4,\ 7\pi/4\le|\alpha|<2\pi\\ e^{-j\pi/2}, & \text{if } \pi/4\le|\alpha|<3\pi/4\\ e^{-j\pi}, & \text{if } 3\pi/4\le|\alpha|<5\pi/4\\ e^{j\pi/2}, & \text{if } 5\pi/4\le|\alpha|<7\pi/4\end{cases}$$

[0063] 여기서, α는 위상 차를 나타낸다. 수학식 3에 포함된 네 가지 각 경우에 대한 2 bits의 피드백 정보는 각각 '00', '01', '10', '11'에 해당될 수 있다.

[0064] 수학식 3에서 프리코딩 벡터 C_n이 '1'인 것은 현재 위상을 유지하고, $e^{-j\pi/2}$인 것은 위상을 90° 회전시키고, $e^{-j\pi}$인 것은 위상을 180° 회전시키고, $e^{j\pi/2}$인 것은 위상을 270° 회전시키는 것을 의미한다.

[0065] 예를 들어, 제1 피드백 정보의 경우, 제1 및 제2 채널($H_{1,D}$,$H_{2,D}$)의 간의 위상차가 '$\pi/4 \le|\alpha|\le 3\pi/4$' 구간에 해당할 경우, 그에 대응하는 제1 프리코딩 벡터는 $C_1=e^{-j\pi/2}$이 사용된다. 이에 따라 제2 중계 단말(R2)은 $\widehat{S_1}$ 전송 시 제2 채널($H_{2,D}$)의 위상을 90° 회전시켜 전송한다

[0066] 또한, 제2 피드백 정보의 경우, 두 채널(H,$H_{B,D}$) 간의 위상차가 '$3\pi/4 \le|\alpha|\le 5\pi/4$' 구간에 해당할 경우, 그

에 대응하는 제2 프리코딩 벡터는 $C_2=e^{-j\pi}$가 사용된다. 이에 따라 제1 및 제2 중계 단말(R2)은 $\hat{S}_1$ 전송 시 제2 채널($H_{2,D}$)의 위상을 180° 회전시켜 전송한다.

[0067] 여기서, 제2 중계 단말(R2)의 경우 제1 및 제2 피드백 정보를 모두 수신하여 반영하기 때문에, 두 벡터 C_1과 C_2의 곱에 따라 $\hat{S}_1$ 전송 시 90° 와 180° 를 합한 270° 만큼 위상을 회전시킨다.

[0068] 도 6은 본 발명의 실시예에서 건설적 SPC 기법의 위상 보정을 설명하는 도면이다. 좌측 그림은 H_1과 H_2 간의 위상 차(α)가 대략 110° 인 경우로서 수학식 3에 의하면 $C=e^{-j\pi/2}$가 사용되며, 따라서 H_2를 90° 회전시키면 된다. 우측 그림은 H_2에 프리코딩 벡터($C=e^{-j\pi/2}$)를 곱하여 위상을 수정한 결과로, 수정 후 H_1과 $H_2 \cdot C$ 간의 위상 차는 α'로 변경된다.

[0069] 이때, 좌측의 'H_1'과 'H_2'의 벡터 합(H; 점선 크기) 보다, H_2를 90° 위상 보정한 이후인 우측의 'H_1'과 '$H_2 \cdot C$'의 벡터 합(H; 점선 크기)이 더욱 큰 것을 알 수 있다. 이와 같이 위상을 보정한 이후는 보정하기 전보다 벡터 합이 커지므로 채널 크기가 증가한다. 여기서, 우측의 벡터 합(H)은 앞서 언급한 합성 채널의 의미로 볼 수 있고 이 합성 채널과 제3 채널 간의 위상차를 기초로 위상을 제1 및 제2 채널의 위상을 추가로 보정할 경우 벡터 합이 더욱 커질 것이다.

[0070] 이상과 같이, 위상을 보정한 후에는 보정 전에 비해 벡터 합이 커지게 되는데, 전체적으로 보면 모든 채널 경로에 대하여 벡터 합이 누적되는 효과가 있으며 채널의 크기가 증가된다. 따라서, 건설적 SPC 기법의 경우 기지국(B1)과 수신 단말(D) 사이간에 발생하는 경로 손실을 감소시키는 효과가 있다.

[0071] 한편, 도 4와 같이, 수신 단말(D)이 제1 기지국(B1)으로부터 기준 범위 밖에 해당하는 셀 가장자리에 위치한 경우는 제2 셀의 간섭을 억압하기 위해 제2 셀에 대하여 비건설적인 SPC 기법을 추가적으로 사용한다.

[0072] 즉, 채널 추정부(2)는 제2 셀 내의 제3 중계 단말(R3), 제4 중계 단말(R4), 그리고 제2 기지국(B2)과 각각 대응하는 제4 채널($H_{3,D}$), 제5 채널($H_{4,D}$), 제6 채널($H'_{B,D}$)을 추정한다. 그리고, 피드백 정보 생성부(3)는 추정한 채널들을 기초로 제3 및 제4 피드백 정보를 생성한다.

[0073] 이러한 제3 및 제4 피드백 정보의 생성은 앞서 제1 및 제2 피드백 정보의 생성 방식과 동일하다. 제3 피드백 정보는 제4 채널($H_{3,D}$)과 제5 채널($H_{4,D}$) 간의 위상차를 이용하고, 제4 피드백 정보는 합성 채널 및 제6 채널($H'_{B,D}$) 간의 위상차를 이용한다. 이때, 합성 채널은 제3 피드백 정보에 대응하는 제3 프리코딩 벡터(C_3)를 적용한 제5 채널($C_3 \cdot H_{4,D}$)과 제4 채널($H_{3,D}$) 간의 합성으로 얻는다. 다만, 이들 제3 및 제4 피드백 정보에 각각 대응하는 제3 및 제4 프리코딩 벡터는 채널 억압에 사용되는 것이므로 수학식 3과는 반대 양상을 가진다.

[0074] 피드백 정보 전송부(4)는 제3 피드백 정보를 제3 중계 단말(R3) 또는 제4 중계 단말(R4) 중 어느 하나로 전송(본 실시예의 경우 제4 중계 단말로 전송)하고, 제4 피드백 정보를 제3 및 제4 중계 단말(R3,R4)로 전송한다.

[0075] 이에 따라, 수신부(5)는 제2 기지국(B1)으로부터 제2 신호(S_2)를 추가로 수신하고, 상기 제3 및 제4 중계 단말(R3,R4)로부터 복조된 제2 신호($\hat{S}_2$)를 추가로 수신하되 제3 또는 제4 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터가 반영된 복조된 제2 신호를 추가로 수신한다.

[0076] 따라서 셀 가장자리에 위치한 경우 수신 단말(D)이 수신한 신호는 아래의 수학식 4와 같이 정의된다.

수학식 4

[0077]
$$Y=(H_{1,D}\hat{S}_1+C_1H_{2,D}\hat{S}_1)C_2+H_{B,D}S_1 + (H_{3,D}\hat{S}_2+C_3H_{4,D}\hat{S}_2)C_4+H'_{B,D}S_2+N$$

[0078] 여기서, $H_{3,D}$, $H_{4,D}$ 및 $H'_{B,D}$는 각각 상기 제4, 제5 및 제6 채널, S_2은 제2 신호, $\hat{S}_2$는 복조된 제2 신호, N은 노이즈를 타나낸다. 또한, C_3 및 C_4는 제3 및 제4 피드백 정보에 각각 대응하는 제3 및 제4 프리코딩 벡터를 나타낸다.

[0079] 수학식 4는 수학식 2와 비교하여 볼 때 추가적으로, 제2 셀 내의 제3 중계 단말(R3)이 복조한 제2 신호의 경우 C_4가 반영되어 수신되고, 제4 중계 단말(R4)이 복조한 제2 신호의 경우 C_3과 C_4가 모두 반영되어 수신되는 것을 확인할 수 있다.

[0080] 이때, C_3 및 C_4는 기존의 C_1 및 C_2와 반대 양상을 가지며 다음의 수학식 5와 같이 정의된다. 수학식 5는 비건설적 SPC 기법에 사용되는 프리코딩 벡터로서, 수학식 3과는 반대 양상을 가진다.

수학식 5

[0081]
$$C_n = \begin{cases} e^{-j\pi}, & \text{if } 0 \le |\alpha| < \pi/4,\ 7\pi/4 \le |\alpha| < 2\pi \\ e^{j\pi/2}, & \text{if } \pi/4 \le |\alpha| < 3\pi/4 \\ 1, & \text{if } 3\pi/4 \le |\alpha| < 5\pi/4 \\ e^{-j\pi/2}, & \text{if } 5\pi/4 \le |\alpha| < 7\pi/4 \end{cases}$$

[0082] 여기서, n=3,4이고, α는 위상 차를 의미한다. 수학식 5에서 네 가지 각 경우별 피드백 정보는 '00', '01', '10', '11'일 수 있다.

[0083] 도 7은 본 발명의 실시예에서 비건설적 SPC 기법의 위상 보정을 설명하는 도면이다. 좌측 그림은 H_1과 H_2 간의 위상 차(α)가 대략 30° 인 경우로서, 수학식 5에 의하면 $C=e^{-j\pi}$가 사용되므로, 따라서 H_2를 180° 회전시키면 된다. 우측 그림은 H_2 에 프리코딩 벡터($C=e^{-j\pi}$)를 곱하여 위상을 180° 수정한 결과로서 위상 차는 α'로 변경된다.

[0084] 이때, 좌측의 'H_1'과 'H_2'의 벡터 합(H; 점선 크기) 보다, 우측의 'H_1'과 '$H_2 \cdot C$'의 벡터 합(H; 점선 크기)이 더욱 작아진 것을 알 수 있다. 즉, 위상을 보정한 이후에는 위상을 보정하기 전보다 벡터 합이 작아지므로 채널 크기가 억압된다. 여기서, 이러한 도 7의 'H_1'과 'H_2'는 본 실시예에서 제4 및 제5 채널로 볼 수 있고 우측 그림의 벡터 합(H)은 프리코딩 벡터를 적용한 제5 채널과 앞서의 제4 채널 간의 합성 채널의 의미로 볼 수 있다.

[0085] 이상과 같이 간섭 신호인 S_2의 크기를 줄이기 위해 비건설적인 SPC 기법을 사용하는 이유를 설명하면, SPC 기법은 채널 추정에 사용된 채널에만 영향을 미치기 때문이며, 따라서 간섭 셀(제2 셀) 내의 단말들이 S_2를 수신할 때는 신호의 크기가 줄어들지 않는다. 따라서, 본 발명의 실시예는 인접 셀 내의 단말들의 성능을 저하시키지 않고 셀 가장자리에 있는 수신 단말의 신뢰성을 높일 수 있는 이점이 있다.

[0086] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 적응적 협력 통신 방법을 설명하는 도면이다.

[0087] 우선, 제1 셀 내의 수신 단말(D)은 제1 기지국(B1)에 대한 위치를 확인한다(S810). 그리고, 수신 단말(D)의 위치가 제1 기지국(B1)으로부터 기준 범위 이내에 위치한 것인지 여부를 판단한다(S820).

[0088] 만일, 도 3에 도시된 것과 같이 수신 단말(D)이 제1 기지국(B1)으로부터 기준 범위 이내에 위치할 경우, 제1 셀 내의 제1 및 제2 중계 단말(R1,R2)과 협력 통신하되 제1 기지국(B1)의 신호에 건설적 SPC 기법을 적용하여 협력 통신을 수행한다(S830). 이에 따라 제1 기지국과 수신 단말 사이의 경로 손실을 줄인다.

[0089] 여기서, S820 단계의 판단 결과 기준 범위 밖에 있다고 판단되면, 다시 수신 단말(D)이 기준 범위의 상한보다 멀리 셀 가장자리에 위치한 것인지 여부를 판단한다(S840).

[0090] 만일, 도 4에 도시된 것과 같이, 수신 단말(D)이 제1 셀의 가장자리에 위치한 경우는 인접한 제2 셀과 추가로 협력하여 셀 가장자리에서 발생하는 셀 간 간섭을 줄여서 높은 신뢰성을 얻을 수 있어야 한다. 따라서, 수신 단

말(D)은 건설적 SPC을 통해 제1 및 제2 중계 단말(R1,R2)과 협력 통신하는 것과 함께 제2 셀 내의 신호를 억압하기 위한 비건설적 SPC 기법을 사용하여 제3 및 제4 중계 단말(R3,R4)과 추가적으로 협력 통신한다(S850).

[0091] 이후, S840 단계의 판단 결과 수신 단말(D)이 셀 가장자리에도 위치하지 않으면 기준 범위의 하한보다 작은 위치 즉, 제1 기지국(B1)과 가까이 위치한 것으로 판단하여, 도 2에서와 같이 중계 단말없이 SISO OFDM 방식만으로 제1 기지국(B1)과 통신한다(S860).

[0092] 도 9는 본 발명의 실시 예에 따른 비트 오류 확률 그래프를 나타낸 도면이다. case 1은 기지국과 수신 단말의 거리가 가까운 경우를 나타내고, case 2는 기지국과 수신 단말 사이의 거리가 멀어 경로 손실을 겪는 경우이다. 마지막으로 case 3은 수신 단말이 셀 가장자리에 위치해 경로 손실과 셀 간 간섭을 겪는 경우를 나타낸다. conventional-case는 기존의 기법을 의미한다. 기존의 기법은 경로 손실을 줄이기 위한 건설적인 SPC 기법을 사용하지 않는다. 그리고 셀 간 간섭으로 작용하는 신호의 크기를 줄이는 비 건설적인 SPC를 적용하지 않는다. pro-feed1bit-case는 본 발명에 1 비트 피드백 SPC를 사용한 것이다. pro-feed2bit-case는 본 발명에 2 비트 피드백 SPC를 사용한 것이다. pro-feed2bit-coded-case는 본 발명에 2 비트 피드백 SPC와 함께 code rate가 1/2인 채널코딩을 사용한 것이다. 본 발명은 도 9에서 보여주는 것과 같이 수신 단말의 위치에 따른 모든 경우에서 기존의 기법보다 높은 BER(bit error rate) 성능을 갖는다.

[0093] 이상과 같은 본 발명에 따른 프리 코딩을 이용한 적응적 협력 통신 시스템 및 그것을 이용한 협력 통신 방법에 따르면, 수신 단말의 위치에 따라 통신 기법을 적응적으로 변환시켜 무선 통신 환경에서 발생하는 경로 손실로 인한 시스템 성능 열화를 개선하고 셀 가장자리에서 생기는 셀 간 간섭의 영향을 줄이며, 인접 셀 내의 단말들의 성능을 저하시키지 않고 셀 가장자리에 있는 수신 단말의 신뢰성을 높일 수 있는 이점이 있다.

[0094] 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

[0095] B1: 제1 기지국 B2: 제2 기지국

R1: 제1 중계 단말 R2: 제2 중계 단말

R3: 제3 중계 단말 R4: 제4 중계 단말

D: 수신 단말 1: 위치 판단부

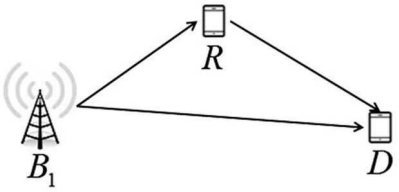
2: 채널 추정부 3: 피드백 정보 생성부

4: 피드백 정보 전송부 5: 수신부

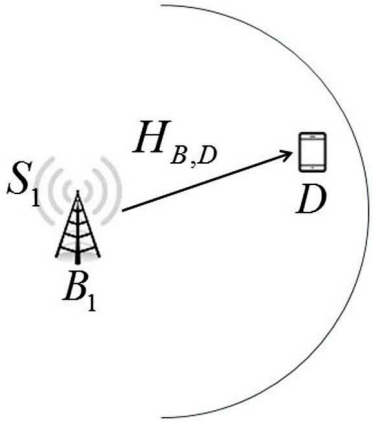
6: 제어부

도면

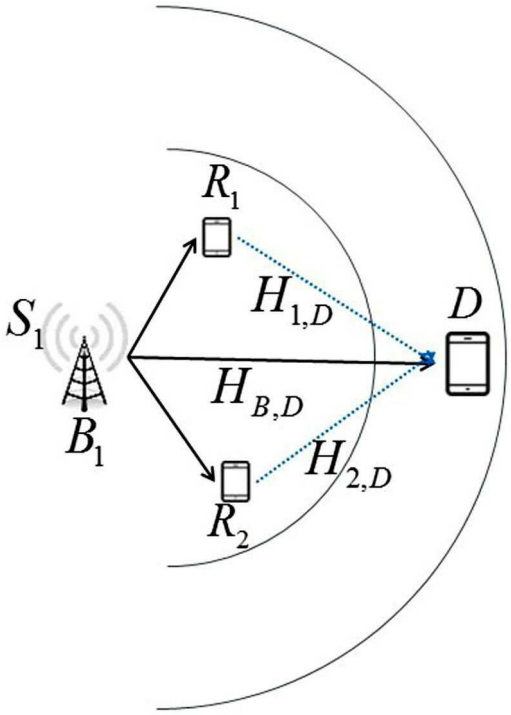
도면1



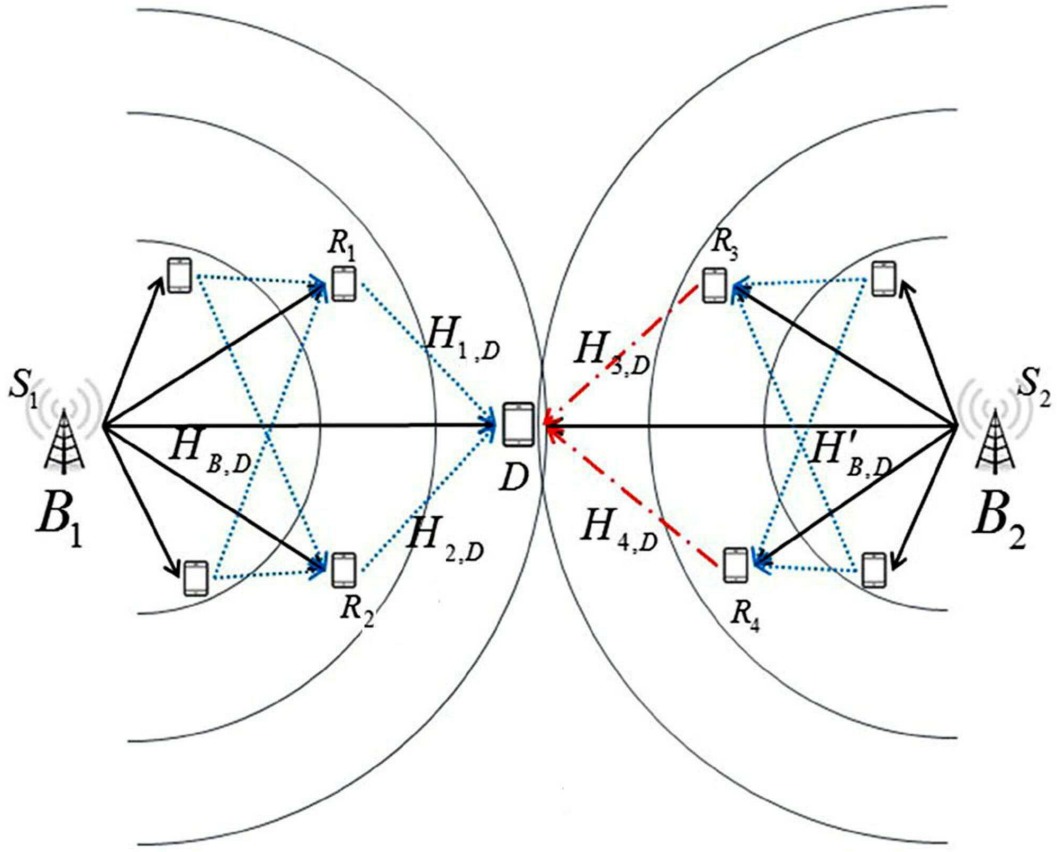
도면2



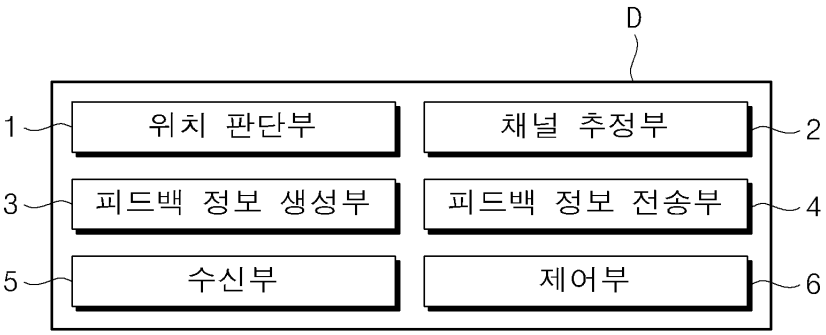
도면3



도면4


S_1
B_1
$H_{B,D}$
R_1
$H_{1,D}$
R_2
$H_{2,D}$
D
R_3
$H_{3,D}$
R_4
$H_{4,D}$
$H'_{B,D}$
S_2
B_2

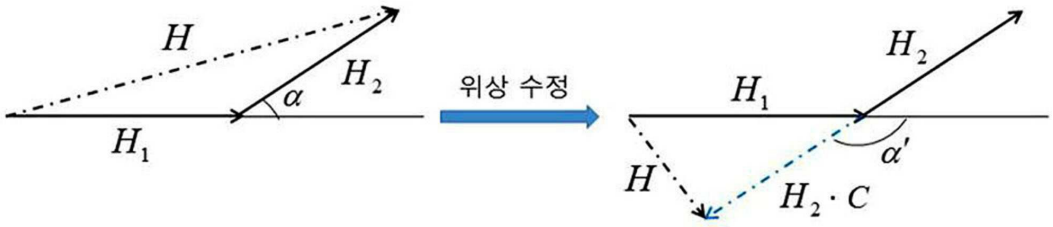
도면5


D
1
위치 판단부
채널 추정부
2
3
피드백 정보 생성부
피드백 정보 전송부
4
5
수신부
제어부
6

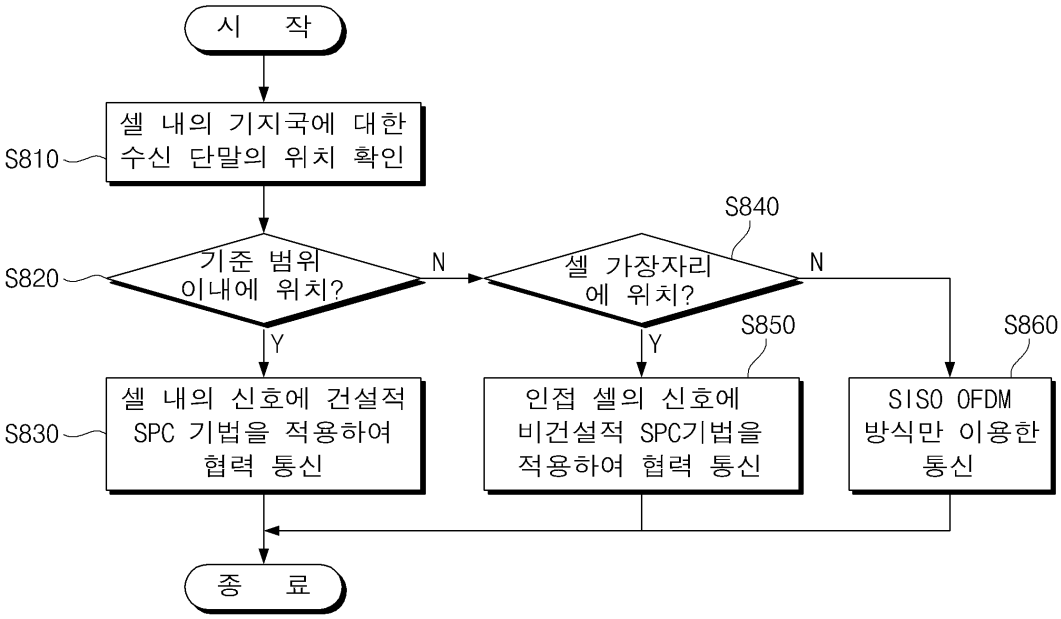
도면6


H
H_2
α
H_1
위상 수정
H
$H_2 \cdot C$
α'
H_1

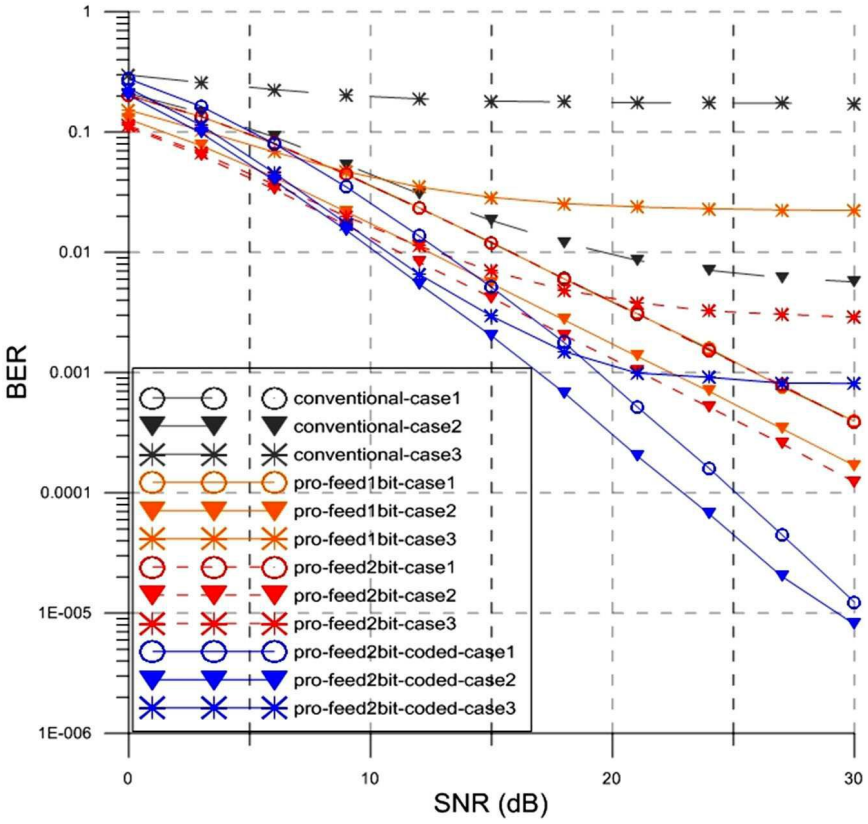
도면7


H
H2
α
H1
위상 수정
H2
H1
α'
H
H2 · C

도면8


시 작
셀 내의 기지국에 대한 수신 단말의 위치 확인
S810
기준 범위 이내에 위치?
S820
N
Y
S840
셀 가장자리에 위치?
N
Y
S850
S860
셀 내의 신호에 건설적 SPC 기법을 적용하여 협력 통신
S830
인접 셀의 신호에 비건설적 SPC기법을 적용하여 협력 통신
SISO OFDM 방식만 이용한 통신
종 료

도면9



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 2항

【변경전】

적응적 협력 통신 방법.

【변경후】

협력 통신 방법.