



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년04월14일  
(11) 등록번호 10-2100724  
(24) 등록일자 2020년04월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04J 11/00 (2006.01) H04B 7/024 (2017.01)  
(52) CPC특허분류  
H04J 11/0053 (2013.01)  
H04B 7/024 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-0091726  
(22) 출원일자 2018년08월07일  
심사청구일자 2018년08월07일  
(65) 공개번호 10-2020-0016524  
(43) 공개일자 2020년02월17일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020090077185 A  
KR1020120088149 A  
KR1020140017488 A  
KR1020140142609 A

(73) 특허권자  
세종대학교 산학협력단  
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)  
(72) 발명자  
송형규  
경기도 성남시 분당구 중앙공원로 17, 한양아파트 320동 303호  
김원창  
서울특별시 동작구 사당로29길 50, 302호  
백민재  
서울특별시 노원구 동일로230가길 15, 102동 190 6호 (상계동, 상계우방아파트)  
(74) 대리인  
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 18 항

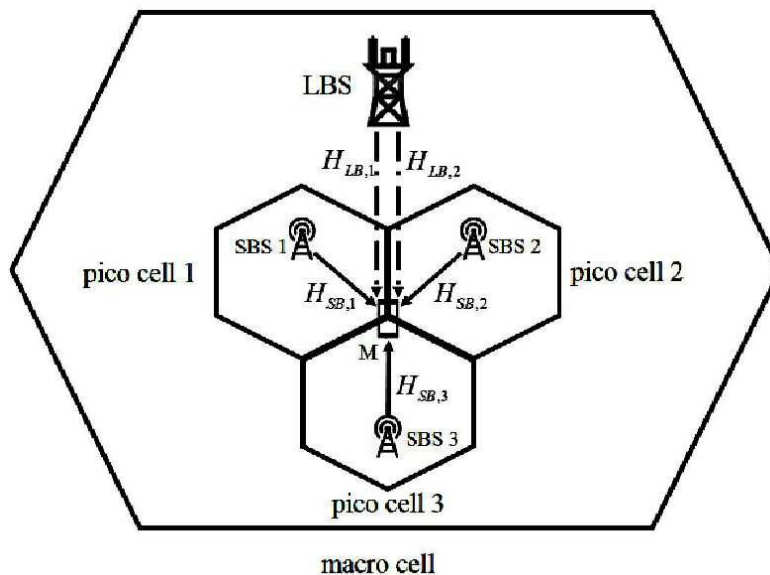
심사관 : 이미현

(54) 발명의 명칭 이기종 네트워크에서 SPC를 이용한 적응적 협력 통신 시스템 및 그것을 이용한 협력 통신 방법

(57) 요약

본 발명은 이기종 네트워크에서 공간 위상 부호화를 이용한 셀간 적응적 협력 통신 시스템 및 그 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 매크로 셀 및 복수의 스몰셀을 포함하는 이기종 네트워크에서의 협력 통신 방법에 있어서, 제1 스몰셀 내 제1 스몰 기지국은 이동 단말로부터 매크로 기지국과의 채널 상태와, 복수의 스몰 기지국과의 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



채널 상태를 수신하고, 채널 상태를 기초로 이동 단말의 위치 및 각 채널 간 위상 관계를 파악하는 단계와, 이동 단말이 제1 및 제2 스몰셀 간의 경계에 위치한 경우, 제1 스몰 기지국과의 제1 채널 및 매크로 기지국 내 제1 안테나와의 제2 채널 간의 위상차를 기초로 제1 피드백 정보를 생성하고, 제2 셀 내 제2 스몰 기지국과의 제3 채널 및 매크로 기지국 내 제2 안테나와의 제4 채널 간의 위상차를 기초로 제2 피드백 정보를 생성하는 단계와, 제1 및 제2 피드백 정보를 매크로 기지국으로 전송하는 단계, 및 이동 단말이 제1 스몰 기지국과 제1 안테나로부터 제1 신호를 수신하고 제2 스몰 기지국과 제2 안테나로부터 제2 신호를 수신하되, 제1 및 제2 안테나로부터 각각 제1 및 제2 피드백 정보에 대응하는 각각의 프리코딩 벡터가 반영된 제1 및 제2 신호를 수신하는 단계를 포함한다.

본 발명에 따르면, HetNet 시스템에 존재하는 복잡한 간섭 시나리오들을 완화하여 HetNet 기반의 무선 통신 시스템의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

(52) CPC특허분류

H04J 2211/001 (2013.01)

H04J 2211/005 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711059844
부처명	과학기술정보통신부
연구관리전문기관	한국산업기술평가관리원
연구사업명	전자정보디바이스산업원천기술개발
연구과제명	재난 및 산업현장용 모듈형 웨어러블 플랫폼 기술개발
기 여 율	1/1
주관기관	(주)자람테크놀로지
연구기간	2017.09.01 ~ 2018.08.31

공지예외적용 : 있음

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

매크로 셀 및 복수의 스몰셀을 포함한 이기종 네트워크에서 셀간 적응적 협력 통신 시스템을 이용한 협력 통신 방법에 있어서,

제1 스몰셀 내 제1 스몰 기지국은 이동 단말로부터 매크로 기지국과의 채널 상태와, 복수의 스몰 기지국과의 채널 상태를 수신하고, 채널 상태 정보를 기초로 상기 이동 단말의 위치 및 각 채널 간의 위상 관계를 파악하는 단계;

상기 이동 단말이 제1 및 제2 스몰셀 간의 경계에 위치한 경우에, 상기 제1 스몰 기지국과의 제1 채널 및 상기 매크로 기지국 내 제1 안테나와의 제2 채널 간의 위상차를 기초로 상기 제1 및 제2 채널 간의 합성 크기를 증가시키는 제1 피드백 정보를 생성하고, 상기 제2 스몰셀 내 제2 스몰 기지국과의 제3 채널 및 상기 매크로 기지국 내 제2 안테나와의 제4 채널 간의 위상차를 기초로 상기 제3 및 제4 채널 간의 합성 크기를 감소시키는 제2 피드백 정보를 생성하는 단계;

상기 제1 및 제2 피드백 정보를 상기 매크로 기지국으로 전송하는 단계; 및

상기 제1 스몰 기지국과 상기 매크로 기지국의 제1 안테나는 상기 이동 단말로 제1 신호를 송신하고 상기 제2 스몰 기지국과 상기 매크로 기지국의 제2 안테나는 상기 이동 단말로 제2 신호를 송신하되, 상기 매크로 기지국의 제1 및 제2 안테나는 상기 제1 및 제2 피드백 정보에 대응하는 각각의 프리코딩 벡터가 반영된 제1 및 제2 신호를 상기 이동 단말로 송신하는 단계를 포함하는 협력 통신 방법.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제1 및 제2 피드백 정보는 각각 1 bit 신호이고,

상기 제1 피드백 정보는,

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

상기 제2 피드백 정보는,

상기 제3 및 제4 채널 간의 위상차가 속하는 각도 구간을 기초로 상기 제4 채널의 위상을 유지하거나, 180° 회전시키도록 요청하는 정보를 포함하는 협력 통신 방법.

#### 청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 제1 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터( $C^s$ ) 및 상기 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터( $C^d$ )는 아래의 수학식으로 정의되는 협력 통신 방법:

$$C_1^S = \left\{ \begin{array}{l} e^{-j\pi}, \left( \frac{\pi}{2} \leq \alpha < \frac{3\pi}{2}, -\frac{3\pi}{2} \leq \alpha < -\frac{\pi}{2} \right) \\ 1, \text{ otherwise} \end{array} \right\},$$

$$C_1^d = \left\{ \begin{array}{l} 1, \left( \frac{\pi}{2} \leq \alpha < \frac{3\pi}{2}, -\frac{3\pi}{2} \leq \alpha < -\frac{\pi}{2} \right) \\ e^{-j\pi}, \text{ otherwise} \end{array} \right\}$$

여기서,  $\alpha$ 는 위상차를 의미한다.

**청구항 4**

청구항 1에 있어서,

상기 제1 및 제2 피드백 정보는 각각 2 bit 신호이고,

상기 제1 피드백 정보는,

상기 제1 및 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 제3 및 제4 채널 간의 위상차가 속하는 각도 구간을 기초로 상기 제4 채널의 위상을 유지하거나, 90° 회전시키거나, 180° 회전시키거나, 270° 회전시키도록 요청하는 정보를 포함하는 협력 통신 방법.

**청구항 5**

청구항 4에 있어서,

상기 제1 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터( $C^s$ ) 및 상기 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터( $C^d$ )는 아래의 수학식으로 정의되는 협력 통신 방법:

$$C_2^S = \left\{ \begin{array}{l} e^{-j\pi/2}, \left( \frac{\pi}{4} \leq \alpha < \frac{3\pi}{4}, -\frac{7\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{5\pi}{4} \right) \\ e^{-j\pi}, \left( \frac{3\pi}{4} \leq \alpha < \frac{5\pi}{4}, -\frac{5\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{3\pi}{4} \right) \\ e^{j\pi/2}, \left( \frac{5\pi}{4} \leq \alpha < \frac{7\pi}{4}, -\frac{3\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{\pi}{4} \right) \\ 1, \text{ otherwise} \end{array} \right\},$$

$$C_2^d = \left\{ \begin{array}{l} e^{j\pi/2}, \left( \frac{\pi}{4} \leq \alpha < \frac{3\pi}{4}, -\frac{7\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{5\pi}{4} \right) \\ 1, \left( \frac{3\pi}{4} \leq \alpha < \frac{5\pi}{4}, -\frac{5\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{3\pi}{4} \right) \\ e^{-j\pi/2}, \left( \frac{5\pi}{4} \leq \alpha < \frac{7\pi}{4}, -\frac{3\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{\pi}{4} \right) \\ e^{-j\pi}, \text{ otherwise} \end{array} \right\}$$

여기서,  $\alpha$ 는 위상차를 의미한다.

**청구항 6**

청구항 5에 있어서,

상기 제1 및 제2 스몰셀 간의 경계에 위치한 경우 상기 이동 단말이 수신한 신호는 아래의 수학적식으로 정의되는 협력 통신 방법:

$$Y_{Case2} = H_{SB,1}S_1 + H_{LB,1} \cdot C_2^S S_1 + H_{SB,2}S_2 + H_{LB,2} \cdot C_2^d S_2 + N$$

여기서,  $H_{SB,1}$  및  $H_{SB,2}$ 는 상기 제1 및 제3 채널,  $H_{LB,1}$  및  $H_{LB,2}$ 는 상기 제2 및 제4 채널,  $S_1$ 은 상기 제1 신호,  $S_2$ 는 상기 제2 신호,  $N$ 은 노이즈를 나타낸다.

**청구항 7**

청구항 6에 있어서,

상기 이동 단말이 제1, 제2 및 제3 스몰셀 간의 경계에 위치한 경우, 상기 제1 채널과 상기 제2 채널 간의 위상차, 그리고 상기 제1 및 제2 채널을 합성한 채널과 상기 제4 채널 간의 위상차를 기초로 복수의 상기 제1 피드백 정보를 생성하고, 상기 제2 스몰 기지국과의 제3 채널 및 제3 스몰 기지국과의 제5 채널 간의 위상차를 기초로 상기 제2 피드백 정보를 생성하는 단계;

상기 제1 피드백 정보를 상기 매크로 기지국으로 전송하고 상기 제2 피드백 정보를 상기 제3 스몰 기지국으로 전송하는 단계; 및

상기 이동 단말은 상기 제1 스몰 기지국과 상기 매크로 기지국의 제1 및 제2 안테나로부터 제1 신호를 수신하고 상기 제2 및 제3 스몰 기지국으로부터 제2 신호를 수신하되, 상기 매크로 기지국의 제1 및 제2 안테나로부터 상기 복수의 제1 피드백 정보에 대응하는 각각의 프리코딩 벡터가 반영된 제1 신호를 수신하고, 상기 제3 스몰 기지국으로부터 상기 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터가 반영된 제2 신호를 수신하는 단계를 더 포함하는 협력 통신 방법.

**청구항 8**

청구항 7에 있어서,

상기 제1, 제2, 제3 스몰셀 간의 경계에 위치한 경우 상기 이동 단말이 수신한 신호는 아래의 수학적식으로 정의되는 협력 통신 방법:

$$Y_{Case3} = H_{SB,1}S_1 + H_{LB,1} \cdot C_2^S S_1 + H_{LB,2} \cdot C_2^S S_1 + H_{SB,2}S_2 + H_{SB,3} \cdot C_2^d S_2 + N$$

여기서,  $H_{SB,1}$ ,  $H_{SB,2}$ ,  $H_{SB,3}$ 은 상기 제1, 제3, 제5 채널,  $H_{LB,1}$  및  $H_{LB,2}$ 는 상기 제2 및 제4 채널,  $S_1$ 은 상기 제1 신호,  $S_2$ 는 상기 제2 신호,  $N$ 은 노이즈를 나타낸다.

**청구항 9**

청구항 8에 있어서,

상기 매크로 기지국의 안테나가  $M$ 개( $M>2$ )이고 상기 이동 단말이 제1 내지 제 $N$  스몰 기지국( $N>2$ ) 간의 경계에 위치한 경우, 상기 이동 단말이 수신한 신호는 아래의 수학적식으로 정의되는 협력 통신 방법:

$$Y_{Case3} = \left( H_{SB,1} + \sum_{k=1}^M [H_{LB,k} \cdot C_2^S] \right) \cdot S_1 + \left( H_{SB,2} + \sum_{i=3}^N [H_{SB,i} \cdot C_2^d] \right) \cdot S_2 + N$$

여기서,  $k$ 는 상기 매크로 기지국의 안테나 인덱스,  $i$ 는 상기 스몰 기지국의 인덱스를 나타낸다.

**청구항 10**

매크로 셀 내의 매크로 기지국, 제1 및 제2 스몰셀 내의 제1 및 제2 스몰 기지국, 그리고 이동 단말을 포함한 셀간 적응적 협력 통신 시스템에 있어서,

상기 제1 스몰 기지국은,

상기 이동 단말로부터 매크로 기지국과의 채널 상태와, 복수의 스몰 기지국과의 채널 상태를 수신하는 수신부;

수신한 채널 상태 정보를 기초로 상기 이동 단말의 위치 및 각 채널 간의 위상 관계를 파악하는 분석부;

상기 이동 단말이 제1 및 제2 스몰셀 간의 경계에 위치한 경우에, 상기 제1 스몰 기지국과의 제1 채널 및 상기 매크로 기지국 내 제1 안테나와의 제2 채널 간의 위상차를 기초로 상기 제1 및 제2 채널 간의 합성 크기를 증가시키는 제1 피드백 정보를 생성하고, 상기 제2 스몰셀 내 제2 스몰 기지국과의 제3 채널 및 상기 매크로 기지국 내 제2 안테나와의 제4 채널 간의 위상차를 기초로 상기 제3 및 제4 채널 간의 합성 크기를 감소시키는 제2 피드백 정보를 생성하는 생성부; 및

상기 제1 및 제2 피드백 정보를 상기 매크로 기지국으로 전송하는 전송부를 포함하며,

상기 이동 단말은,

상기 제1 스몰 기지국과 상기 매크로 기지국의 제1 안테나로부터 제1 신호를 수신하고 상기 제2 스몰 기지국과 상기 매크로 기지국의 제2 안테나로부터 제2 신호를 수신하되, 상기 매크로 기지국의 제1 및 제2 안테나로부터 상기 제1 및 제2 피드백 정보에 대응하는 각각의 프리코딩 벡터가 반영된 제1 및 제2 신호를 수신하는 협력 통신 시스템.

### 청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 제1 및 제2 피드백 정보는 각각 1 bit 신호이고,

상기 제1 피드백 정보는,

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

상기 제2 피드백 정보는,

상기 제3 및 제4 채널 간의 위상차가 속하는 각도 구간을 기초로 상기 제4 채널의 위상을 유지하거나, 180° 회전시키도록 요청하는 정보를 포함하는 협력 통신 시스템.

### 청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 제1 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터( $C_1^s$ ) 및 상기 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터( $C_1^d$ )는 아래의 수학식으로 정의되는 협력 통신 시스템:

$$C_1^s = \begin{cases} e^{-j\pi}, & \left( \frac{\pi}{2} \leq \alpha < \frac{3\pi}{2}, -\frac{3\pi}{2} \leq \alpha < -\frac{\pi}{2} \right) \\ 1, & otherwise \end{cases},$$

$$C_1^d = \begin{cases} 1, & \left( \frac{\pi}{2} \leq \alpha < \frac{3\pi}{2}, -\frac{3\pi}{2} \leq \alpha < -\frac{\pi}{2} \right) \\ e^{-j\pi}, & otherwise \end{cases}$$

여기서,  $\alpha$ 는 위상차를 의미한다.

### 청구항 13

청구항 10에 있어서,

상기 제1 및 제2 피드백 정보는 각각 2 bit 신호이고,

상기 제1 피드백 정보는,

상기 제1 및 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 제3 및 제4 채널 간의 위상차가 속하는 각도 구간을 기초로 상기 제4 채널의 위상을 유지하거나, 90° 회전시키거나, 180° 회전시키거나, 270° 회전시키도록 요청하는 정보를 포함하는 협력 통신 시스템.

**청구항 14**

청구항 13에 있어서,

상기 제1 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터(C<sup>s</sup>) 및 상기 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터(C<sup>d</sup>)는 아래의 수학적식으로 정의되는 협력 통신 시스템:

$$C_2^s = \begin{cases} e^{-j\pi/2}, & \left( \frac{\pi}{4} \leq \alpha < \frac{3\pi}{4}, -\frac{7\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{5\pi}{4} \right) \\ e^{-j\pi}, & \left( \frac{3\pi}{4} \leq \alpha < \frac{5\pi}{4}, -\frac{5\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{3\pi}{4} \right) \\ e^{j\pi/2}, & \left( \frac{5\pi}{4} \leq \alpha < \frac{7\pi}{4}, -\frac{3\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{\pi}{4} \right) \\ 1, & otherwise \end{cases},$$

$$C_2^d = \begin{cases} e^{j\pi/2}, & \left( \frac{\pi}{4} \leq \alpha < \frac{3\pi}{4}, -\frac{7\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{5\pi}{4} \right) \\ 1, & \left( \frac{3\pi}{4} \leq \alpha < \frac{5\pi}{4}, -\frac{5\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{3\pi}{4} \right) \\ e^{-j\pi/2}, & \left( \frac{5\pi}{4} \leq \alpha < \frac{7\pi}{4}, -\frac{3\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{\pi}{4} \right) \\ e^{-j\pi}, & otherwise \end{cases}$$

여기서, α는 위상차를 의미한다.

**청구항 15**

청구항 14에 있어서,

상기 제1 및 제2 스몰셀 간의 경계에 위치한 경우 상기 이동 단말이 수신한 신호는 아래의 수학적식으로 정의되는 협력 통신 시스템:

$$Y_{Case2} = H_{SB,1}S_1 + H_{LB,1} \cdot C_2^s S_1 + H_{SB,2}S_2 + H_{LB,2} \cdot C_2^d S_2 + N$$

여기서, H<sub>SB,1</sub> 및 H<sub>SB,2</sub>는 상기 제1 및 제3 채널, H<sub>LB,1</sub> 및 H<sub>LB,2</sub>는 상기 제2 및 제4 채널, S<sub>1</sub>은 상기 제1 신호, S<sub>2</sub>는 상기 제2 신호, N은 노이즈를 나타낸다.

**청구항 16**

청구항 15에 있어서,

상기 생성부는,

상기 이동 단말이 제1, 제2 및 제3 스몰셀 간의 경계에 위치한 경우, 상기 제1 채널과 상기 제2 채널 간의 위상

차, 그리고 상기 제1 및 제2 채널을 합성한 채널과 상기 제4 채널 간의 위상차를 기초로 복수의 상기 제1 피드백 정보를 생성하고, 상기 제2 스몰 기지국과의 제3 채널 및 제3 스몰 기지국과의 제5 채널 간의 위상차를 기초로 상기 제2 피드백 정보를 생성하고,

상기 전송부는,

상기 제1 피드백 정보를 상기 매크로 기지국으로 전송하고 상기 제2 피드백 정보를 상기 제3 스몰 기지국으로 전송하며,

상기 이동 단말은,

상기 제1 스몰 기지국과 상기 매크로 기지국의 제1 및 제2 안테나로부터 제1 신호를 수신하고 상기 제2 및 제3 스몰 기지국으로부터 제2 신호를 수신하되, 상기 매크로 기지국의 제1 및 제2 안테나로부터 상기 복수의 제1 피드백 정보에 대응하는 각각의 프리코딩 벡터가 반영된 제1 신호를 수신하고, 상기 제3 스몰 기지국으로부터 상기 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터가 반영된 제2 신호를 수신하는 협력 통신 시스템.

**청구항 17**

청구항 16에 있어서,

상기 제1, 제2 및 제3 스몰셀 간의 경계에 위치한 경우 상기 이동 단말이 수신한 신호는 아래의 수학적식으로 정의되는 협력 통신 시스템:

$$Y_{Case3} = H_{SB,1}S_1 + H_{LB,1} \cdot C_2^s S_1 + H_{LB,2} \cdot C_2^s S_1 + H_{SB,2}S_2 + H_{SB,3} \cdot C_2^d S_2 + N$$

여기서,  $H_{SB,1}$ ,  $H_{SB,2}$ ,  $H_{SB,3}$ 은 상기 제1, 제3, 제5 채널,  $H_{LB,1}$  및  $H_{LB,2}$ 는 상기 제2 및 제4 채널,  $S_1$ 은 상기 제1 신호,  $S_2$ 는 상기 제2 신호,  $N$ 은 노이즈를 나타낸다.

**청구항 18**

청구항 17에 있어서,

상기 매크로 기지국의 안테나가  $M$ 개( $M > 2$ )이고 상기 이동 단말이 제1 내지 제 $N$  스몰 기지국( $N > 2$ ) 간의 경계에 위치한 경우, 상기 이동 단말이 수신한 신호는 아래의 수학적식으로 정의되는 협력 통신 시스템:

$$Y_{Case3} = \left( H_{SB,1} + \sum_{k=1}^M [H_{LB,k} \cdot C_2^s] \right) \cdot S_1 + \left( H_{SB,2} + \sum_{i=3}^N [H_{SB,i} \cdot C_2^d] \right) \cdot S_2 + N$$

여기서,  $k$ 는 상기 매크로 기지국의 안테나 인덱스,  $i$ 는 상기 스몰 기지국의 인덱스를 나타낸다.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 이기종 네트워크에서 SPC를 이용한 적응적 협력 통신 시스템 및 그것을 이용한 협력 통신 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 HetNet(Heterogeneous Network) 시스템에서 인접 셀 간의 간섭 문제를 완화할 수 있는 적응적 협력 통신 시스템 및 그것을 이용한 협력 통신 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 무선 통신 시스템 중 하나인 HetNet(Heterogeneous Network) 시스템은 LTE(Long Term Evolution) 통신에서 표준으로 채택된 시스템이다.

[0003] 이러한 HetNet 시스템은 매크로 셀(Macro cell) 내에 여러 개의 스몰 셀(피코셀, 펌토셀 등)이 존재하는 무선 통신 시스템으로, 인접한 셀 내의 기지국들끼리 서로 협력하여 신호를 전송할 수 있다.

[0004] HetNet 시스템에서 사용되는 가장 중요한 기법 중 하나인 CoMP(Coordinated Multi-Point) 기법은 인접한 셀 내의 기지국들끼리 서로 협력하는 기법으로, 이동 단말이 전송하는 채널 상태 정보, 피드백 정보 등과 같은 정보들을 기지국들끼리 상호 공유할 수 있으며, 인접한 셀 내의 기지국들은 상호 간에 공유한 정보를 기초로 원하는



신호의 신뢰성을 향상시키거나 셀간 간섭을 완화시킨다.

[0005] 하지만, HetNet 시스템의 경우 네트워크 내에 여러 개의 셀들이 존재하므로 이동 단말의 위치에 따라 여러가지 복잡한 간섭 시나리오들이 발생하며, 이는 HetNet 기반의 무선 통신의 신뢰성을 저하시키는 요인이다. 따라서, 간섭을 제거하거나 완화하기 위한 기법이 필수적으로 요구된다.

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

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0007] 본 발명은, HetNet 시스템에 존재하는 복잡한 간섭 시나리오들을 완화하여 HetNet 시스템 기반 무선 통신의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 이기종 네트워크에서 SPC를 이용한 적응적 협력 통신 시스템 및 그것을 이용한 협력 통신 방법을 제공하는데 목적이 있다.

#### 과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은, 매크로 셀 및 복수의 스몰셀을 포함한 이기종 네트워크에서 셀간 적응적 협력 통신 시스템을 이용한 협력 통신 방법에 있어서, 제1 스몰셀 내 제1 스몰 기지국은 이동 단말로부터 매크로 기지국과의 채널 상태와, 복수의 스몰 기지국과의 채널 상태를 수신하고, 채널 상태 정보를 기초로 상기 이동 단말의 위치 및 각 채널 간의 위상 관계를 파악하는 단계와, 상기 이동 단말이 제1 및 제2 스몰셀 간의 경계에 위치한 경우에, 상기 제1 스몰 기지국과의 제1 채널 및 상기 매크로 기지국 내 제1 안테나와의 제2 채널 간의 위상차를 기초로 상기 제1 및 제2 채널 간의 합성 크기를 증가시키는 제1 피드백 정보를 생성하고, 상기 제2 셀 내 제2 스몰 기지국과의 제3 채널 및 상기 매크로 기지국 내 제2 안테나와의 제4 채널 간의 위상차를 기초로 상기 제3 및 제4 채널 간의 합성 크기를 감소시키는 제2 피드백 정보를 생성하는 단계와, 상기 제1 및 제2 피드백 정보를 상기 매크로 기지국으로 전송하는 단계, 및 상기 이동 단말이 상기 제1 스몰 기지국과 제1 안테나로부터 제1 신호를 수신하고 상기 제2 스몰 기지국과 제2 안테나로부터 제2 신호를 수신하되, 상기 제1 및 제2 안테나로부터 상기 제1 및 제2 피드백 정보에 대응하는 각각의 프리코딩 벡터가 반영된 제1 및 제2 신호를 수신하는 단계를 포함하는 협력 통신 방법을 제공한다.

[0009] 또한, 상기 제1 및 제2 피드백 정보는 각각 1 bit 신호이고, 상기 제1 피드백 정보는, 상기 제1 및 제2 채널 간의 위상차가 속하는 각도 구간을 기초로 상기 제2 채널의 위상을 유지하거나, 180° 회전시키도록 요청하는 정보를 포함하고, 상기 제2 피드백 정보는, 상기 제3 및 제4 채널 간의 위상차가 속하는 각도 구간을 기초로 상기 제4 채널의 위상을 유지하거나, 180° 회전시키도록 요청하는 정보를 포함할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 제1 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터(C<sup>s</sup>) 및 상기 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터(C<sup>d</sup>)는 아래의 수학적식으로 정의될 수 있다.

$$C_1^s = \begin{cases} e^{-j\pi}, & \left( \frac{\pi}{2} \leq \alpha < \frac{3\pi}{2}, -\frac{3\pi}{2} \leq \alpha < -\frac{\pi}{2} \right) \\ 1, & otherwise \end{cases},$$

$$C_1^d = \begin{cases} 1, & \left( \frac{\pi}{2} \leq \alpha < \frac{3\pi}{2}, -\frac{3\pi}{2} \leq \alpha < -\frac{\pi}{2} \right) \\ e^{-j\pi}, & otherwise \end{cases}$$

[0011] 여기서, α는 위상차를 의미한다.

[0014] 또한, 상기 제1 및 제2 피드백 정보는 각각 2 bit 신호이고, 상기 제1 피드백 정보는, 상기 제1 및 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 제3 및 제4 채널 간의 위상차가 속하는 각도 구간을 기초로 상기 제4 채널의 위상을 유지하거나, 90° 회전시키거나, 180° 회전시키거나,

270° 회전시키도록 요청하는 정보를 포함할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 제1 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터( $C^s$ ) 및 상기 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터( $C^d$ )는 아래의 수학적식으로 정의될 수 있다.

[0016]

$$C_2^{rS} = \left\{ \begin{array}{l} e^{-j\pi/2}, \left( \frac{\pi}{4} \leq \alpha < \frac{3\pi}{4}, -\frac{7\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{5\pi}{4} \right) \\ e^{-j\pi}, \left( \frac{3\pi}{4} \leq \alpha < \frac{5\pi}{4}, -\frac{5\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{3\pi}{4} \right) \\ e^{j\pi/2}, \left( \frac{5\pi}{4} \leq \alpha < \frac{7\pi}{4}, -\frac{3\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{\pi}{4} \right) \\ 1, \text{ otherwise} \end{array} \right\}$$

[0017]

$$C_2^d = \left\{ \begin{array}{l} e^{j\pi/2}, \left( \frac{\pi}{4} \leq \alpha < \frac{3\pi}{4}, -\frac{7\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{5\pi}{4} \right) \\ 1, \left( \frac{3\pi}{4} \leq \alpha < \frac{5\pi}{4}, -\frac{5\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{3\pi}{4} \right) \\ e^{-j\pi/2}, \left( \frac{5\pi}{4} \leq \alpha < \frac{7\pi}{4}, -\frac{3\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{\pi}{4} \right) \\ e^{-j\pi}, \text{ otherwise} \end{array} \right\}$$

[0018] 여기서,  $\alpha$ 는 위상차를 의미한다.

[0019] 또한, 상기 제1 및 제2 스몰셀 간의 경계에 위치한 경우 상기 이동 단말이 수신한 신호는 아래의 수학적식으로 정의될 수 있다.

[0020]

$$Y_{Case2} = H_{SB,1}S_1 + H_{LB,1} \cdot C_2^s S_1 + H_{SB,2}S_2 + H_{LB,2} \cdot C_2^d S_2 + N$$

[0021] 여기서,  $H_{SB,1}$  및  $H_{SB,2}$ 는 상기 제1 및 제3 채널,  $H_{LB,1}$  및  $H_{LB,2}$ 는 상기 제2 및 제4 채널,  $S_1$ 은 상기 제1 신호,  $S_2$ 는 상기 제2 신호,  $N$ 은 노이즈를 나타낸다.

[0022] 또한, 상기 협력 통신 방법은, 상기 이동 단말이 제1, 제2 및 제3 스몰셀 간의 경계에 위치한 경우, 상기 제1 채널과 상기 제2 채널 간의 위상차, 그리고 상기 제1 및 제2 채널을 합성한 채널과 상기 제4 채널 간의 위상차를 기초로 복수의 상기 제1 피드백 정보를 생성하고, 상기 제2 스몰 기지국과의 제3 채널 및 제3 스몰 기지국과의 제5 채널 간의 위상차를 기초로 상기 제2 피드백 정보를 생성하는 단계와, 상기 제1 피드백 정보를 상기 매크로 기지국으로 전송하고 상기 제2 피드백 정보를 상기 제3 스몰 기지국으로 전송하는 단계, 및 상기 이동 단말은 상기 제1 스몰 기지국과 제1 및 제2 안테나로부터 제1 신호를 수신하고 상기 제2 및 제3 스몰 기지국으로부터 제2 신호를 수신하되, 상기 제1 및 제2 안테나로부터 상기 복수의 제1 피드백 정보에 대응하는 각각의 프리코딩 벡터가 반영된 제1 신호를 수신하고, 상기 제3 스몰 기지국으로부터 상기 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터가 반영된 제2 신호를 수신하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0023] 또한, 상기 제1, 제2 및 제3 스몰셀 간의 경계에 위치한 경우 상기 이동 단말이 수신한 신호는 아래의 수학적식으로 정의될 수 있다.

[0024]

$$Y_{Case3} = H_{SB,1}S_1 + H_{LB,1} \cdot C_2^s S_1 + H_{LB,2} \cdot C_2^s S_1 + H_{SB,2}S_2 + H_{SB,3} \cdot C_2^d S_2 + N$$

[0025] 여기서,  $H_{SB,1}$ ,  $H_{SB,2}$ ,  $H_{SB,3}$ 은 상기 제1, 제3, 제5 채널,  $H_{LB,1}$  및  $H_{LB,2}$ 는 상기 제2 및 제4 채널,  $S_1$ 은 상기 제1 신호,  $S_2$ 는 상기 제2 신호,  $N$ 은 노이즈를 나타낸다.

[0026] 또한, 상기 매크로 기지국의 안테나가  $M$ 개( $M>2$ )이고 상기 이동 단말이 제1 내지 제 $N$  스몰 기지국( $N>2$ ) 간의 경

계에 위치한 경우, 상기 이동 단말이 수신한 신호는 아래의 수학적식으로 정의될 수 있다.

$$Y_{Case3} = \left( H_{SB,1} + \sum_{k=1}^M [H_{LB,k} \cdot C_2^S] \right) \cdot S_1 + \left( H_{SB,2} + \sum_{i=3}^N [H_{SB,i} \cdot C_2^d] \right) \cdot S_2 + N$$

[0027]

[0028]

[0029]

여기서, k는 상기 매크로 기지국의 안테나 인덱스, i는 상기 스몰 기지국의 인덱스를 나타낸다.

그리고, 본 발명은, 매크로 셀 내의 매크로 기지국, 제1 및 제2 스몰셀 내의 제1 및 제2 스몰 기지국을 포함한 셀간 적응적 협력 통신 시스템에 있어서, 상기 제1 스몰 기지국은, 이동 단말로부터 매크로 기지국과의 채널 상태와, 복수의 스몰 기지국과의 채널 상태를 수신하는 수신부와, 수신한 채널 상태 정보를 기초로 상기 이동 단말의 위치 및 각 채널 간의 위상 관계를 파악하는 분석부와, 상기 이동 단말이 제1 및 제2 스몰셀 간의 경계에 위치한 경우에, 상기 제1 스몰 기지국과의 제1 채널 및 상기 매크로 기지국 내 제1 안테나와의 제2 채널 간의 위상차를 기초로 상기 제1 및 제2 채널 간의 합성 크기를 증가시키는 제1 피드백 정보를 생성하고, 상기 제2 셀 내 제2 스몰 기지국과의 제3 채널 및 상기 매크로 기지국 내 제2 안테나와의 제4 채널 간의 위상차를 기초로 상기 제3 및 제4 채널 간의 합성 크기를 감소시키는 제2 피드백 정보를 생성하는 생성부, 및 상기 제1 및 제2 피드백 정보를 상기 매크로 기지국으로 전송하는 전송부를 포함하며, 상기 이동 단말은, 상기 제1 스몰 기지국과 제1 안테나로부터 제1 신호를 수신하고 상기 제2 스몰 기지국과 제2 안테나로부터 제2 신호를 수신하되, 상기 제1 및 제2 안테나로부터 상기 제1 및 제2 피드백 정보에 대응하는 각각의 프리코딩 벡터가 반영된 제1 및 제2 신호를 수신하는 협력 통신 시스템을 제공한다.

[0030]

또한, 상기 생성부는, 상기 이동 단말이 상기 제1 내지 제3 스몰 기지국 간의 경계에 위치한 경우, 상기 제1 채널과 상기 제2 채널 간의 위상차, 그리고 상기 제1 및 제2 채널을 합성한 채널과 상기 제4 채널 간의 위상차를 기초로 복수의 상기 제1 피드백 정보를 생성하고, 상기 제2 스몰 기지국과의 제3 채널 및 상기 제3 스몰 기지국과의 제5 채널 간의 위상차를 기초로 상기 제2 피드백 정보를 생성하고, 상기 전송부는, 상기 제1 피드백 정보를 상기 매크로 기지국으로 전송하고 상기 제2 피드백 정보를 상기 제3 스몰 기지국으로 전송하며, 상기 이동 단말은, 상기 제1 스몰 기지국과 제1 및 제2 안테나로부터 제1 신호를 수신하고 상기 제2 및 제3 스몰 기지국으로부터 제2 신호를 수신하되, 상기 제1 및 제2 안테나로부터 상기 복수의 제1 피드백 정보에 대응하는 각각의 프리코딩 벡터가 반영된 제1 신호를 수신하고, 상기 제3 스몰 기지국으로부터 상기 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터가 반영된 제2 신호를 수신할 수 있다.

[0031]

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

**발명의 효과**

[0032]

본 발명에 따르면, HetNet 시스템에서 기지국들이 상호 협력하는 CoMP 기법과 프리코딩을 이용한 SPC 기법을 사 용함으로써 HetNet 시스템에 존재하는 복잡한 간섭 시나리오들을 완화함은 물론, HetNet 시스템의 무선 통신 성능 및 신뢰성을 향상시킬 수 있는 이점을 제공한다.

**도면의 간단한 설명**

[0033]

- 도 1은 본 발명에 따른 HetNet 기반의 협력 통신 시스템의 모델을 나타낸 도면이다.
- 도 2는 도 1의 모델에서 이동 단말이 스몰셀의 중앙에 위치한 경우를 나타낸 도면이다.
- 도 3은 도 1의 모델에서 이동 단말이 두 개의 스몰셀 사이에 위치한 경우를 나타낸 도면이다.
- 도 4는 도 1의 모델에서 이동 단말이 세 개의 스몰셀 사이에 위치한 경우를 나타낸 도면이다.
- 도 5는 도 1에 도시된 스몰 기지국의 구성을 설명하는 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 협력 통신 방법을 설명하는 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예를 위한 건설적 SPC 기법을 설명하는 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 실시예를 위한 파괴적 SPC 기법을 설명하는 도면이다.
- 도 9는 건설적 SPC 기법 및 MRT 기법이 각각 적용된 경우에 대한 OFDM 기반의 MISO 시스템의 SNR 대비 비트 오류율 성능을 나타낸 도면이다.

도 10은 간섭 신호가 존재할 때 파괴적 SPC 기법 및 MRT 기법이 각각 적용된 경우에 대한 OFDM 기반의 MISO 시스템의 SNR 대비 비트 오류율 성능을 나타낸 도면이다.

도 11은 HetNet 시스템 모델에서 간섭이 완화되지 않은 기존의 시스템, pre-coding 기반의 다른 간섭 완화 기법, 그리고 제안한 기법을 적용한 경우에 대한 SNR 대비 비트 오류율 성능을 나타낸 도면이다.

도 12는 HetNet 시스템 모델에서 간섭이 존재하지 않는 경우와 이동 단말이 3개의 피코셀 사이에 존재하여 간섭이 존재할 경우에 대한 기존 시스템과 제안한 기법의 비트 오류율 그래프를 도시한 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0034] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0035] 본 발명은 LTE 통신의 표준으로 채택된 이기종 네트워크(이하, HetNet) 시스템에서 셀간 간섭을 완화하기 위한 기술로서, HetNet 내의 인접 기지국들이 상호 협력하는 CoMP 기법과 프리 코딩을 이용한 SPC 기법을 사용하여, 셀 내 이동 단말의 위치에 따라 발생하는 복잡한 간섭 문제를 완화하는 동시에 시스템의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 방법을 제시한다.

[0036] 본 발명의 실시에는 LTE 통신의 가장 기본인 OFDM 전송 방식을 기반으로 하며, N개의 부반송파를 사용하는 OFDM 시스템을 고려한다. 수학식 1은 기저대역에서 OFDM 변조 심볼을 의미한다.

**수학식 1**

[0037] 
$$x_i[n] = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} X_i[k] e^{j2\pi nk/N}, n = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

[0038] 수학식 1에서  $X_i[k]$ 는 M-ary phase shift keying(M-PSK) 또는 M-ary quadrature amplitude modulation(M-QAM) 변조된 심볼을 의미한다. 채널 통과 후 OFDM 심볼의 보호 구간이 제거된 수신 OFDM 신호는 다음과 같다.

**수학식 2**

[0039] 
$$y_l[n] = \sum_{k=0}^{N-1} H[k] X_l[k] e^{j2\pi nk/N} + w[n]$$

[0040] 수학식 2에서  $H[k]$ 는 송신단과 수신단 사이의 채널 계수들을 의미하고,  $w[n]$ 은 부가 백색 가우시안 잡음(AWGN; Additive White Gaussian Noise)을 의미한다.

[0041] 일반적으로 HetNet 시스템은 매크로 셀(macro cell)과 매크로 셀 내에 포함된 복수의 스몰셀(pico cell)을 포함하고 각 셀 내에는 기지국이 위치한다. 스몰셀은 피코셀, 펌토셀 등 다양하게 존재하지만 이하의 실시예에서는 피코셀을 예시하여 설명한다.

[0042] 도 1은 본 발명에 따른 HetNet 기반의 협력 통신 시스템의 모델을 나타낸 도면이다.

[0043] 도 1에 나타난 것과 같이, HetNet 기반의 협력 통신 시스템은 매크로 기지국(LBS; Large Base Station), 복수의 스몰 기지국(SBS; Small Base Station), 그리고 이동 단말(M)을 포함한다. 매크로 기지국(LBS)은 매크로 셀 내 기지국이고 스몰 기지국(SBS)은 스몰셀(피코셀) 내 기지국을 의미한다.

[0044] 도 1은 매크로 셀 내에 제1 내지 제3 스몰셀(피코셀 1,2,3)을 포함한 3개의 스몰셀이 존재하는 경우를 예시한다. 이때, 매크로 기지국(LBS)은 2개의 송수신 안테나를 가지며, 스몰 기지국(SBS  $i$ ;  $i=1,2,3$ )과 이동 단말(M)은 각각 1개의 송수신 안테나를 가지는 것을 가정한다.

[0045] 도 1에서  $H$ 는 각각의 기지국과 이동 단말 사이의 채널 계수(이하, 채널)를 나타낸다. 도 1의 모델에서  $H_{SB,i}$ 는 이동 단말(M)과  $i$ 번째 스몰 기지국(SBS  $i$ ) 사이의 채널( $i=1,2,3$ ),  $H_{LB,j}$ 는 이동 단말(M)과 매크로 기지국(LBS)의

j번째 안테나 사이의 채널( $j=1,2$ )을 나타낸다.

- [0046] 즉,  $H_{SB,1}$ ,  $H_{SB,2}$ ,  $H_{SB,3}$ 은 이동 단말(M)이 제1 내지 제3 스몰 기지국(SBS1, SBS2, SBS3)과 각각 형성한 채널(이하, 제1, 제3, 제5 채널)이고,  $H_{LB,1}$ ,  $H_{LB,2}$ 는 이동 단말(M)이 매크로 기지국(LBS)의 두 안테나와 각각 형성한 채널(이하, 제2, 제4 채널)을 나타낸다.
- [0047] 도 1의 시스템 모델에서 각각의 기지국(LSB, SBS)은 CoMP 기법에 따라 상호 협력 통신하여 신호를 전송할 수 있다. 스몰 기지국(SBS)은 자신의 스몰셀 내의 이동 단말(M)이 추정한 채널 상태 정보를 수신할 수 있고 채널 상태 정보 및 각종 필요 정보, 송신 신호 등을 주변의 다른 스몰 기지국(SBS) 및 매크로 기지국(LSB)과 상호 공유할 수 있다. 각 기지국(LSB, SBS)은 상호 간에 공유한 정보를 기초로 신호 전송 시에 서로 협력하여 이동 단말(M)이 원하는 신호의 크기를 향상시키거나, 간섭으로 작용하는 신호의 크기를 억압하여 간섭을 완화시킬 수 있다.
- [0048] 본 발명의 실시에는 매크로 셀 내의 기지국(LBS) 및 피코셀 내의 기지국(SBS 1, SBS 2, SBS 3)들이 서로 협력하는 CoMP 기법 및 프리코딩(pre-coding) 기법을 이용한 간섭 완화 기법을 제공한다.
- [0049] 즉, 본 실시에는 매크로 셀 내의 매크로 기지국(LBS)과 스몰셀 내의 스몰 기지국(SBS 1, SBS 2, SBS 3)들이 상호 협력하는 CoMP 기법과, 각 기지국(LSB, SBS)과 이동 단말(M) 간의 채널 위상차를 기초로 각 기지국에서 송신 신호에 프리코딩 벡터를 곱하여 전송하는 건설적/파괴적 SPC 기법을 사용함으로써, 이동 단말이 셀의 경계(가장자리)에 위치한 경우에도 인접 셀에 의한 간섭 영향을 줄일 수 있고 시스템의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.
- [0050] 건설적 SPC 기법은 신호의 크기를 더욱 향상시키는 방식이고, 파괴적 SPC 기법은 신호의 크기를 억압하는 방식으로, 각 기지국은 이동 단말(M)이 원하는 신호에 대해 건설적 SPC 기법을 적용하고 원하지 않는 신호에 대해 파괴적 SPC 기법을 적용하여 협력 통신함으로써, 인접 셀의 간섭 영향을 억제한다.
- [0051] 이동 단말(M)이 스몰셀의 가장 자리에 위치할 경우, 간섭 신호가 존재하지 않더라도 경로 손실 및 송신 신호의 전력 감쇄로 인해 수신 신호의 수신 SNR이 감소될 수 있기 때문에, 이 경우 원하는 신호의 수신 SNR을 증가시키기 위하여 pre-coding 기법 중 하나인 건설적 SPC 기법을 적용할 수 있다. 건설적 SPC 기법은 수신단에서 보낸 채널의 위상 정보를 기반으로 송신 신호에 곱해질 프리코딩 벡터를 생성한다. 생성한 프리코딩 벡터를 송신 신호에 곱하여 전송할 경우, 여러 개의 채널들이 건설적으로 중첩되어 송신단에서 송신 전력을 증가시키지 않더라도 수신 SNR을 높일 수 있다.
- [0052] 또한, 이동 단말(M)이 스몰셀의 가장 자리에 위치할 경우, 기지국과 이동 단말의 거리에 따른 경로 손실 및 송신 신호의 전력 감쇄가 존재하지 않더라도 인접한 스몰셀 내의 기지국으로부터 전송된 간섭 신호들로 인해 기지국과 이동 단말 간 무선 통신의 신뢰성이 저하될 수 있다. 이동 단말의 입장에서 간섭 신호는 잡음이므로 잡음이 섞인 신호를 수신할 경우 수신 신호의 SINR이 감소된다. 이 경우 간섭 신호의 전력을 줄여 SINR을 증가시키기 위해 즉, 간섭 신호의 SNR을 줄이기 위해 파괴적 SPC 기법을 적용한다.
- [0053] 이하에서 이동 단말(M)은 도 1과 같이 제1 스몰셀(피코셀1) 내의 제1 스몰 기지국(SBS1)이 전송한 신호를 수신하기를 원하는 것을 가정한다. 이에 따라 다른 셀내 기지국들이 전송하는 신호는 그에 대해 간섭 신호가 된다.
- [0054] 본 발명의 실시에는 이동 단말(M)의 위치에 따라 세 가지의 시나리오를 포함한다. 구체적으로는, 이동 단말(M)이 제1 스몰셀의 중앙에 위치한 경우(Case 1), 이동 단말(M)이 제1 및 제2 스몰셀 간의 경계에 위치한 경우(Case 2), 그리고 이동 단말(M)이 제1, 제2 및 제3 스몰셀 간의 경계에 위치한 경우(Case 3)로 구분된다.
- [0055] 도 2는 도 1의 모델에서 이동 단말이 스몰셀의 중앙에 위치한 경우를 나타낸 도면이다.
- [0056] 도 2와 같이, 이동 단말(M)이 제1 스몰셀(피코셀1)의 중앙에 위치한 경우(Case 1), 기지국과 이동 단말 사이의 거리에 따른 경로 손실과 송신 신호 전력 감쇄의 영향 및 간섭 신호의 영향이 적으므로, 기존의 OFDM 기반 전송 방식을 이용하면 된다.
- [0057] 이때, 이동 단말(M)이 수신한 신호는 수학적 식 3과 같다.



수학식 3

[0058] 
$$Y_{case1} = H_{SB,1}S_1 + N$$

[0059] 수학식 3에서  $H_{SB,1}$ 는 제1 스몰 기지국(SBS1)과 이동 단말(M) 사이의 채널이고,  $S_1$ 은 제1 스몰 기지국(SBS1)이 송신한 OFDM 신호이며,  $N$ 은 AWGN을 의미한다.

[0060] 도 3은 도 1의 모델에서 이동 단말이 두 개의 스몰셀 사이에 위치한 경우를 나타낸 도면이다.

[0061] 도 3과 같이, 이동 단말(M)이 제1 및 제2 스몰셀(SBS1,SBS2) 간의 경계에 위치한 경우(Case 2), 이동 단말(M)이 원하는 신호인 제1 스몰셀(피코셀1) 내의 제1 스몰 기지국(SBS1)의 송신 신호는 제1 스몰 기지국(SBS1)과 이동 단말(M) 간의 거리에 따른 경로 손실과 송신 신호 전력 감쇄의 영향을 받고, 인접한 제2 스몰셀(피코셀2) 내의 제2 스몰 기지국(SBS2)으로부터 전송되는 간섭 신호의 영향을 받아 왜곡된다.

[0062] 이 경우 이동 단말(M)이 수신한 신호는 수학식 4와 같다.

수학식 4

[0063] 
$$Y_{ICI,1} = \underbrace{H_{SB,1}S_1}_{a1} + \underbrace{H_{SB,2}S_2}_{b1} + N$$

[0064] 수학식 4에서  $H_{SB,1}$ 는 제1 스몰 기지국(SBS1)과 이동 단말(M) 사이의 채널,  $H_{SB,2}$ 는 제2 스몰 기지국(SBS2)과 이동 단말(M) 사이의 채널,  $S_1$ 은 제1 스몰 기지국(SBS1)으로부터 송신된 신호,  $S_2$ 는 제2 스몰 기지국(SBS2)으로부터 송신된 간섭 신호,  $N$ 은 AWGN을 의미한다.

[0065] 즉, 수학식 4에서  $a1$ 은 이동 단말(M)이 원하는 신호이고  $b1$ 은 간섭 신호를 의미한다. 따라서  $b1$ 은 이동 단말(M)의 입장에서 잡음이므로, 원하는 신호의 수신 SNR을 감소시키는 요인이 된다.

[0066] 여기서, 스몰셀의 개수를 2개로 제한하지 않고 일반화할 경우, 수학식 4는 아래의 수학식 5와 같이 표현될 수 있다.

수학식 5

[0067] 
$$Y_{ICI,1} = \underbrace{H_{SB,1}S_1}_{a1} + \underbrace{\left[ \sum_{i=2}^N H_{SB,i} \right]}_{b1} \cdot S_2 + N$$

[0068] 여기서, 시그마 함수 위의  $N$ 은 매크로 셀 내 존재한 스몰셀(피코셀)의 개수이고,  $i$ 는 스몰셀(피코셀)의 인덱스를 의미한다. 결과적으로, 스몰셀의 개수가 늘어날수록 기존의 시스템은 이동 단말(M)이 원하는 신호의 SNR을 감소시킨다.

[0069] 본 발명의 실시예는 이러한 문제를 해결하기 위해, 원하는 신호에 대해 건설적 SPC 기법을 적용하고 간섭 신호에 대해 파괴적 SPC 기법을 적용한다.

[0070] 도 3에 도시된 실선 화살표는 건설적 SPC 기법이 적용된 신호이며, 점선 화살표는 파괴적 SPC 기법이 적용된 신호를 의미한다. 이러한 원리는 후술하는 도 4에도 적용된다.

[0071] 본 발명의 실시예는 도 3과 같이 이동 단말(M)의 위치가 두 셀간 경계에 있다고 판단되면, 이동 단말(M)이 원하는 신호인  $a1$ 의 크기를 증가시키도록, 매크로 기지국(LBS)의 2개 안테나 중 하나의 안테나와 제1 스몰 기지국(SBS 1)이 협력하는 건설적 SPC 기법을 적용한 신호를 전송한다(실선 화살표 참조).

[0072] 이와 함께, 이동 단말(M)의 입장에서 간섭 신호인  $b1$ 의 크기를 감소시키기 위해, 매크로 기지국(LBS)의 2개 안

테나 중 나머지 안테나와 제2 스몰 기지국(SBS 2)이 협력하여 파괴적 SPC 기법을 적용한 신호를 전송한다(점선 화살표 참조).

[0073] 도 4는 도 1의 모델에서 이동 단말이 세 개의 스몰셀 사이에 위치한 경우를 나타낸 도면이다.

[0074] 도 4와 같이, 이동 단말(M)이 3개의 스몰셀(SBS1,SBS2,SBS3) 간 경계에 위치한 경우(Case 3), 이동 단말(M)이 원하는 신호인 제1 스몰 기지국(SBS1)의 송신 신호는 제1 스몰 기지국(SBS1)과 이동 단말(M) 간의 거리에 따른 경로 손실과 송신 신호 전력 감쇄의 영향을 받고, 제2 및 제3 스몰 기지국(SBS2,SBS3)으로부터 전송되는 간섭 신호의 영향을 받아 왜곡된다.

[0075] 이 경우 이동 단말(M)이 수신한 신호는 수학식 6과 같다.

**수학식 6**

$$Y_{ICF2} = H_{SB,1}S_1 + H_{SB,2}S_2 + H_{SB,3}S_2 + N$$

$$= \underbrace{H_{SB,1}S_1}_{a3} + \underbrace{(H_{SB,2} + H_{SB,3})S_2}_{b3} + N$$

[0076]

[0077] 여기서,  $H_{SB,3}$ 은 제3 스몰 기지국(SBS3)과 이동 단말(M) 사이의 채널,  $S_1$ 은 제1 스몰 기지국(SBS1)으로부터 송신된 신호,  $S_2$ 은 제2 및 제3 스몰 기지국(SBS2,SBS3)으로부터 송신된 간섭 신호를 나타낸다. 여기서, 간섭 신호를 전송하는 스몰셀의 개수를 2개로 한정하지 않고 일반화할 경우 수학식 5와 동일해진다.

[0078] 수학식 6의  $a3$ 은 이동 단말(M)이 원하는 신호이고  $b3$ 은 간섭 신호를 의미한다. 따라서  $b3$ 은 이동 단말(M)의 입장에서 잡음이므로, 원하는 신호의 수신 SNR을 감소시키는 요인이 된다. 도 4의 경우 도 3에서와 달리 하나가 아닌 두 개의 기지국에서 간섭 신호를 전송하므로 이동 단말(M)이 원하는 신호의 수신 SINR은 매우 낮아진다.

[0079] 본 발명의 실시예는 도 4와 같이 이동 단말(M)의 위치가 세 개의 셀간 경계에 있다고 판단되면, 이동 단말(M)이 원하는 신호인  $a3$ 의 크기를 증가시키도록, 매크로 기지국(LBS)의 모든 안테나와 제1 스몰 기지국(SBS 1)이 협력하는 건설적 SPC 기법을 적용한 신호를 전송한다(실선 화살표 참조). 이때 합성되는 채널의 개수가 3개이므로 이동 단말이 원하는 신호의 크기를 효과적으로 증가시킬 수 있다.

[0080] 이와 함께, 이동 단말(M)의 입장에서 간섭 신호인  $b3$ 의 크기를 감소시키기 위해, 제2 및 제3 스몰 기지국(SBS 2, SBS 3)이 협력하여 파괴적 SPC 기법을 적용한 신호를 전송한다(점선 화살표 참조).

[0081] 다음은 스몰 셀 내의 스몰 기지국의 구성과 이를 이용한 셀간 협력 통신 방법에 관하여 상세히 설명한다. 특히, 이동 단말(M)이 셀 간 경계에 위치하는 경우(Case 2,3)에 관한 간섭 완화 기법을 중점적으로 설명한다.

[0082] 도 5는 도 1에 도시된 스몰 기지국의 구성을 설명하는 도면이고, 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 협력 전송 방법을 설명하는 도면이다.

[0083] 도 5에 도시된 것과 같이, 스몰 기지국(SBS)은 수신부(510), 분석부(520), 생성부(530) 및 전송부(540)를 포함한다.

[0084] 이하에서는 설명의 편의상 도 5의 스몰 기지국은 제1 스몰 기지국(SBS1)인 것을 가정하여 설명한다. 또한 이동 단말(M)은 제1 스몰셀(피코셀1)에 속하여 제1 스몰 기지국(SBS1)의 신호를 수신하기를 원하는 것을 가정한다.

[0085] 먼저, 제1 스몰 기지국(SBS1)의 수신부(510)는 이동 단말(M)로부터 매크로 기지국(LBS)과의 채널 상태와, 복수의 스몰 기지국(SBS)과의 채널 상태를 수신한다(S610).

[0086] 도 1에서 이동 단말(M)은 5가지 채널 각각에 대한 채널 상태를 추정하여 추정된 채널 상태 정보(CSI; Channel State Information)를 자신이 속한 제1 스몰셀(피코셀1) 내의 제1 스몰 기지국(SBS1)으로 전송한다. 이에 따라, 수신부(510)는 이동 단말(M)로부터 상술한 5가지 채널에 대한 채널 상태 정보를 수신하게 된다.

[0087] 전송부(540)는 수신된 채널 상태 정보를 주변의 다른 기지국들에게 전송하고 공유한다(S620). 즉, 이동 단말(M)로부터 채널 상태 정보를 수신한 제1 스몰 기지국(SBS1)은 이를 다른 기지국들(LBS,SBS2,SBS3)과 공유할 수

있다.

- [0088] 분석부(520)는 수신한 채널 상태 정보를 기초로 이동 단말의 위치를 파악하고 각 채널 간의 위상 관계(특히, 위상차)를 파악한다(S630). 이때, 단말이 보낸 채널 상태 정보를 기반으로 해당 단말의 위치를 파악하거나 추정하는 기술은 기 공지된 것에 해당하므로 상세한 설명은 생략한다. 여기서 물론, 나머지 기지국들 역시, 공유받은 채널 상태 정보를 기초로 이동 단말(M)의 현재 위치를 파악할 수 있고, 5가지 각 채널 간의 위상 관계를 파악할 수 있음은 자명하다.
- [0089] 위치 파악 결과, 만일 이동 단말(M)이 도 2과 같이 제1 셀의 중앙에 위치한 것으로 판단되면(Case 1), 앞서 설명한 바와 같이 기존의 OFDM 기반 전송 방식을 이용하면 된다.
- [0090] 하지만, 도 3 및 도 4와 같이 이동 단말(M)이 셀간 경계에 위치하여 인접셀에 의한 간섭 영향을 받는 경우(Case 2,3)에는 원하는 신호의 크기는 강화하면서 인접 셀에 의한 간섭 신호를 억압하기 위한 피드백 정보를 각각 생성하여 주변 기지국으로 전송한다. 이하에서 원하는 신호의 크기를 강화하는 피드백 정보는 제1 피드백 정보, 간섭 신호를 억압하는 피드백 정보는 제2 피드백 정보로 명명한다.
- [0091] 생성부(530)는 이동 단말이 셀간 경계에 위치한 경우에 각 채널 간 위상차를 기초로 제1 및 제2 피드백 정보를 생성한다(S640). 후술하겠지만 피드백 정보는 채널의 위상을 그대로 유지하거나 변경하도록 요청하는 정보이며, 1 또는 2 비트 신호로 구성될 수 있다.
- [0092] 1 비트의 피드백 정보는 '0'과 '1'에 대응하는 두 가지 신호로 구분되고 2 비트의 피드백 정보는 '00', '01', '10', '11'에 대응하는 네 가지 신호로 구분되므로, 2 비트 신호의 사용 시 1 비트 신호보다 정확도를 높일 수 있을 것이다.
- [0093] 전송부(540)는 생성된 각각의 피드백 정보를 주변의 기지국으로 전송한다(S650). 여기서, 주변의 기지국이란, 경우에 따라 매크로 기지국에 해당하거나 매크로 기지국과 다른 스몰 기지국을 포함할 수 있다.
- [0094] 이후에는 피드백 정보를 기초로 원하는 신호는 상승시키고 간섭 신호는 줄이도록 기지국간 상호 협력 통신한다. 즉, 피드백 정보를 전송 받은 기지국에서는 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터를 송신 신호에 곱하여 이동 단말(M)로 전송한다(S660).
- [0095] 이때, 제1 피드백 정보에 대응한 프리코딩 벡터가 곱해질 경우 해당 기지국에서 보낸 신호의 크기가 상승할 것이고, 반대로 제2 피드백 정보에 대응한 프리코딩 벡터가 곱해질 경우에는 해당 기지국에서 보낸 신호의 크기가 감소할 것이다.
- [0096] 이하에서는 도 3 및 도 4의 두 가지 케이스 각각에 대한 S640 내지 S660 단계를 더욱 구체적으로 설명한다.
- [0097] 먼저, 도 3(Case 2)의 경우와 같이, 이동 단말(M)이 2개의 셀 사이에 위치한 경우를 설명한다.
- [0098] 도 3과 같이, 이동 단말(M)이 2개의 셀 사이에 위치한 경우, 제1 스몰 기지국(SBS1)의 생성부(530)는 제1 채널( $H_{SB,1}$ ) 및 제2 채널( $H_{LB,1}$ ) 간의 위상차를 기초로 제1 및 제2 채널 간의 합성 크기를 증가시키기 위한 제1 피드백 정보를 생성하고(실선 채널 참조), 제3 채널( $H_{SB,2}$ ) 및 제4 채널( $H_{LB,2}$ ) 간의 위상차를 기초로 제3 및 제4 채널 간의 합성 크기를 감소시키는 제2 피드백 정보를 생성한다(점선 채널 참조).
- [0099] 제1 피드백 정보는 건설적 SPC 기법과 관계되고, 제2 피드백 정보는 파괴적 SPC 기법과 관계된다.
- [0100] 도 7은 본 발명의 실시예를 위한 건설적 SPC 기법을 설명하는 도면이고, 도 8은 본 발명의 실시예를 위한 파괴적 SPC 기법을 설명하는 도면이다. 각각의 도면에서 (a)는 1 bit 기반의 기법, (b)는 2 bit 기반의 기법을 나타낸다.
- [0101] 1-bit 건설적 SPC 기법을 사용할 경우, 제1 피드백 정보는, 제1 및 제2 채널( $H_{SB,1}, H_{LB,1}$ ) 간의 위상차가 속하는 각도 구간을 기초로 제2 채널( $H_{LB,1}$ )의 위상을 유지하거나  $180^\circ$  회전시키도록 요청하는 정보를 포함하고, 제2 피드백 정보는, 제3 및 제4 채널( $H_{SB,2}, H_{LB,2}$ ) 간의 위상차가 속하는 각도 구간을 기초로 제4 채널( $H_{LB,2}$ )의 위상을 유지하거나  $180^\circ$  회전시키도록 요청하는 정보를 포함한다.
- [0102] 제1 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터( $C^s$ )는 아래 수학적 식 7과 같다.



수학식 7

$$C_1^S = \begin{cases} e^{-j\pi}, & \left( \frac{\pi}{2} \leq \alpha < \frac{3\pi}{2}, -\frac{3\pi}{2} \leq \alpha < -\frac{\pi}{2} \right) \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0103]

[0104] 여기서,  $\alpha$ 는 위상차를 의미하며, 프리코딩 벡터  $C$ 가 '1'인 것은 현재 위상을 유지하는 것이고,  $e^{-j\pi}$ 인 것은 위상을 180° 회전시키는 것을 의미한다.

[0105] 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터( $C^d$ )는 아래 수학식 8과 같다.

수학식 8

$$C_1^d = \begin{cases} 1, & \left( \frac{\pi}{2} \leq \alpha < \frac{3\pi}{2}, -\frac{3\pi}{2} \leq \alpha < -\frac{\pi}{2} \right) \\ e^{-j\pi}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0106]

[0107] 우선, 수학식 7에 의하면, 두 채널 간 위상차가 90° 이하(예각)일 때는 위상을 유지하지만, 90° 이상(둔각)일 때는 두 채널 중 어느 한 채널의 위상을 180° 회전시켜 변경하도록 함으로써, 두 채널 간의 합성 채널의 크기를 증가시키고 이를 통해 신호(원하는 신호)의 크기를 상승시킬 수 있다.

[0108] 도 7의 (a)의 경우,  $H_1$ 과  $H_2$  간의 위상 차( $\alpha$ )가 대략 110° 인 경우로서, 수학식 7에 의하면  $C=e^{-j\pi}$ 가 선택되므로,  $H_2$ 를 180° 회전시키면 된다.  $H_2$ 에 프리코딩 벡터( $C=e^{-j\pi}$ )를 곱하면,  $H_2$ 의 위상을 180° 변경할 수 있다.

[0109] 여기서, 위상 변경 후의  $H_1$ 과  $H_2 \cdot C$  간 합성 채널( $H_S$ )의 크기는 위상 변경 전의  $H_1$ 과  $H_2$  간 합성 채널( $H_C$ )의 크기보다 증가한 것을 알 수 있다. 이와 같이, 두 채널의 합성 채널 계수의 크기가 증가되어 송신 신호의 전력을 높이지 않더라도 수신 신호의 수신 SNR을 증가시킬 수 있다.

[0110] 수학식 8은 앞서 수학식 7과는 반대의 특성을 가진다. 즉, 두 채널 간 위상차가 90° 이하(예각)일 때 두 채널 중 어느 한 채널의 위상을 180° 회전시켜 변경하도록 함으로써, 두 채널 간의 합성 채널의 크기를 감소시키고 이를 통해 신호(간섭 신호)의 크기를 억제시킬 수 있다.

[0111] 도 8의 (a)는  $H_1$ 과  $H_2$  간 위상 차( $\alpha$ )가 대략 70° 인 경우로, 수학식 8에 의하면  $C=e^{-j\pi}$ 가 선택되므로,  $H_2$ 를 180° 회전시키면 된다. 즉,  $H_2$ 에 프리코딩 벡터( $C=e^{-j\pi}$ )를 곱하면,  $H_2$ 의 위상을 180° 변경할 수 있다. 여기서, 위상 변경 후의 합성 채널( $H_S$ )의 크기는 위상 변경 전의 합성 채널( $H_C$ )보다 더욱 감소한 것을 알 수 있다.

[0112] 다음, 2-bit 건설적 SPC 기법을 사용할 경우, 제1 피드백 정보는 제1 및 제2 채널( $H_{SB,1}, H_{LB,1}$ ) 간의 위상차가 속하는 각도 구간을 기초로 제2 채널( $H_{LB,1}$ )의 위상을 유지, 90° 회전, 180° 회전 또는 270° 회전시키도록 요청하는 정보를 포함한다.

[0113] 마찬가지로, 제2 피드백 정보는, 제3 및 제4 채널( $H_{SB,2}, H_{LB,2}$ ) 간 위상차가 속하는 각도 구간을 기초로 제4 채널( $H_{LB,2}$ )의 위상을 유지, 90° 회전, 180° 회전 또는 270° 회전시키도록 요청하는 정보를 포함한다.

[0114] 이 경우 제1 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터( $C^S$ )는 수학식 9와 같다.

수학식 9

$$C_2^S = \begin{cases} e^{-j\pi/2}, & \left( \frac{\pi}{4} \leq \alpha < \frac{3\pi}{4}, -\frac{7\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{5\pi}{4} \right) \\ e^{-j\pi}, & \left( \frac{3\pi}{4} \leq \alpha < \frac{5\pi}{4}, -\frac{5\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{3\pi}{4} \right) \\ e^{j\pi/2}, & \left( \frac{5\pi}{4} \leq \alpha < \frac{7\pi}{4}, -\frac{3\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{\pi}{4} \right) \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0115]

[0116] 수학식 9에서 프리코딩 벡터 C가 '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.

[0117] 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터( $C^d$ )는 수학식 10과 같다.

수학식 10

$$C_2^d = \begin{cases} e^{j\pi/2}, & \left( \frac{\pi}{4} \leq \alpha < \frac{3\pi}{4}, -\frac{7\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{5\pi}{4} \right) \\ 1, & \left( \frac{3\pi}{4} \leq \alpha < \frac{5\pi}{4}, -\frac{5\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{3\pi}{4} \right) \\ e^{-j\pi/2}, & \left( \frac{5\pi}{4} \leq \alpha < \frac{7\pi}{4}, -\frac{3\pi}{4} \leq \alpha < -\frac{\pi}{4} \right) \\ e^{-j\pi}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0118]

[0119] 이러한 2-bit 건설적/파괴적 SPC 기법은 1-bit 건설적/파괴적 SPC 기법과 유사하지만, 두 채널 간 위상 차이를 더욱 세분화하여 합성 채널 계수의 크기를 더욱 효과적으로 증가/감소시킬 수 있다.

[0120] 전송부(540)는 이와 같이 생성된 제1 및 제2 피드백 정보를 매크로 기지국(LBS)으로 전송한다.

[0121] 이후, 이동 단말(M)은 제1 스몰 기지국(SBS1) 및 매크로 기지국(LBS)의 제1 안테나로부터 제1 신호( $S_1$ )를 수신하고, 제2 스몰 기지국(SBS2)과 매크로 기지국(LBS)의 제2 안테나로부터 제2 신호( $S_2$ )를 수신한다. 이때, 매크로 기지국(LBS)의 제1 안테나로부터 제1 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터가 반영된 제1 신호를 수신하고 제2 안테나로부터 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터가 반영된 제2 신호를 수신한다.

[0122] 따라서, 본 발명의 실시예에서 도 3과 같이 제1 및 제2 스몰셀(피코셀1,2) 간의 경계에 위치한 경우에 이동 단말(M)이 수신한 신호는 아래의 수학식 11과 같이 정의될 수 있다.

수학식 11

$$Y_{Case2} = H_{SB,1}S_1 + H_{LB,1} \cdot C_2^S S_1 + H_{SB,2}S_2 + H_{LB,2} \cdot C_2^d S_2 + N$$

[0123]

[0124] 여기서,  $H_{SB,1}$  및  $H_{SB,2}$ 는 제1 및 제3 채널,  $H_{LB,1}$  및  $H_{LB,2}$ 는 제2 및 제4 채널,  $S_1$ 은 제1 신호,  $S_2$ 는 제2 신호, N은 노이즈를 나타낸다.

[0125] 수학식 11을 각 신호 별로 정리하면 다음과 같다.

수학식 12

$$Y_{case2} = H_{SB,1}S_1 + H_{LB,1}C_2^S S_1 + H_{SB,2}S_2 + H_{LB,2}C_2^d S_2 + N$$

$$= \underbrace{(H_{SB,1} + H_{LB,1}C_2^S)}_{a2} S_1 + \underbrace{(H_{SB,2} + H_{LB,2}C_2^d)}_{b2} S_2 + N$$

[0126]

[0127]

수학식 12를 수학식 4와 비교하면, 건설적 SPC 기법의 사용을 통해  $a1 < a2$ 가 되며, 파괴적 SPC 기법의 사용을 통해  $b1 > b2$ 가 될 수 있다. 즉, 이동 단말이 원하는 신호 성분의 SNR은 증가되고 원치 않는 간섭 신호 성분의 SNR은 감소되며, 전체 수신 신호인  $Y_{case2}$ 의 SINR이 증가된다.

[0128]

결과적으로, 본 발명에서 제안한 기법은 도 3과 같이 이동 단말이 2개의 피코셀 사이에 위치한 경우에, LBS, SBS1, SBS2 기지국들이 서로 협력하는 CoMP 기법과 pre-coding 기법인 건설적인 SPC 기법, 파괴적인 SPC 기법을 이용하여 효과적으로 간섭을 완화할 수 있다.

[0129]

다음은 도 4(Case 3)의 경우와 같이, 이동 단말(M)이 3개의 셀 사이에 위치한 경우를 설명한다.

[0130]

이 경우, 제1 스몰 기지국(SBS1)의 생성부(530)는 두 개의 제1 피드백 정보와, 하나의 제2 피드백 정보를 생성한다. 즉, 생성부(530)는 제1 채널( $H_{SB,1}$ ) 및 제2 채널( $H_{LB,1}$ ) 간의 위상차, 그리고 제1 및 제2 채널( $H_{SB,1}, H_{LB,1}$ ) 간을 합성한 채널과 제4 채널( $H_{LB,2}$ ) 간의 위상차를 기초로 복수의 제1 피드백 정보를 생성하고(실선 채널 참조), 제3 채널( $H_{SB,2}$ ) 및 제5 채널( $H_{SB,3}$ ) 간의 위상차를 기초로 제2 피드백 정보를 생성한다(점선 채널 참조).

[0131]

채널을 합성하는 원리는 앞서 도 7을 통해 설명한 바 있다. 또한, 합성 채널을 다시 또 다른 하나의 채널과 비교하면, 합성 채널과 또 다른 채널 간 위상차를 얻을 수 있음은 자명하다.

[0132]

여기서, 전송부(540)는 제1 피드백 정보를 매크로 기지국(LBS)으로 전송하고 제2 피드백 정보를 제3 스몰 기지국(SBS3)으로 전송한다.

[0133]

그러면, 이동 단말(M)은 제1 스몰 기지국(SBS1)과 매크로 기지국(LBS)의 제1 및 제2 안테나로부터 제1 신호( $S_1$ )를 수신하고, 제2 및 제3 스몰 기지국(SBS2, SBS3)으로부터 제2 신호( $S_2$ )를 수신하되, 이때 제1 및 제2 안테나로부터 앞서 복수의 제1 피드백 정보에 대응하는 각각의 프리코딩 벡터가 반영된 제1 신호를 수신하며, 제3 스몰 기지국(SBS3)으로부터는 제2 피드백 정보에 대응하는 프리코딩 벡터가 반영된 제2 신호를 수신하게 된다.

[0134]

따라서, 본 발명의 실시예에서 도 4와 같이 제1, 제2, 제3 스몰셀(피코셀1,2,3) 간의 경계에 위치한 경우에 이동 단말(M)이 수신한 신호는 아래의 수학식 13과 같이 정리될 수 있다.

수학식 13

$$Y_{Case3} = H_{SB,1}S_1 + H_{LB,1} \cdot C_2^S S_1 + H_{LB,2} \cdot C_2^S S_1 + H_{SB,2}S_2 + H_{SB,3} \cdot C_2^d S_2 + N$$

[0135]

[0136]

여기서,  $H_{SB,1}$ ,  $H_{SB,2}$ ,  $H_{SB,3}$ 은 제1, 제3, 제5 채널,  $H_{LB,1}$  및  $H_{LB,2}$ 는 제2 및 제4 채널,  $S_1$ 은 제1 신호,  $S_2$ 는 상기 제2 신호,  $N$ 은 노이즈를 나타낸다.

[0137]

수학식 13을 신호 별로 정리하면 다음과 같이 요약될 수 있다.

수학식 14

$$Y_{case3} = H_{SB,1}S_1 + H_{LB,1}C_2^S S_1 + H_{LB,2}(C_2^S)' S_1 + H_{SB,2}S_2 + H_{SB,3}C_2^d S_2 + N$$

$$= \underbrace{(H_{SB,1} + H_{LB,1}C_2^S + H_{LB,2}(C_2^S)')}_{a4} S_1 + \underbrace{(H_{SB,2} + H_{SB,3}C_2^d)}_{b4} S_2 + N$$

[0138]

- [0139] 수학식 14에서, 제1 프리코딩 벡터인  $C^S$ 와  $C^{S'}$ 를 구분하여 나타낸 것은 생성된 각각의 제1 프리코딩 벡터의 세부 정보(위상 회전 정보)가 동일 또는 상이할 수 있기 때문이다. 다만, 이들 모두 수학식 7이나 수학식 9의 건설적 SPC 기법에 기반하는 제1 프리코딩 벡터임은 공통된 것이므로 앞서의 수학식 13 및 이하에서 간단히  $C^S$ 로 명명하여 설명한다.
- [0140] 수학식 14를 수학식 6과 비교하면, 건설적 SPC 기법의 사용을 통해  $a_3 < a_4$ 가 되며, 파괴적 SPC 기법의 사용을 통해  $b_3 > b_4$ 가 될 수 있다. 즉, 이동 단말이 원하는 신호 성분의 SNR은 증가되고 원치 않는 간섭 신호 성분의 SNR은 감소되며, 전체 수신 신호인  $Y_{case3}$ 의 SINR이 증가된다.
- [0141] 이러한 도 4의 경우 도 3과는 달리 LBS의 모든 안테나와 협력하는 CoMP 기법 및 프리코딩 기법(건설적 SPC 기법)을 적용함으로써 보다 효과적으로 원하는 신호의 SNR을 증가시킬 수 있음은 물론, SBS2와 SBS3이 협력하는 CoMP 기법 및 프리코딩 기법(비건설적 SPC 기법)을 적용함으로써 간섭 신호의 SNR을 줄일 수 있다.
- [0142] 결과적으로, 본 실시예에 따른 간섭 완화 기법은 이동 단말이 3개의 스몰셀들 사이에 위치하더라도 CoMP 기법 및 프리코딩 기법을 통해 이동 단말이 원하는 신호의 수신 SNR을 높이고 간섭 신호의 SNR은 낮추어 간섭을 완화함으로써 전체 수신 신호의 SINR을 증가시키고 기지국과 이동 단말 간 무선 통신의 신뢰성을 높일 수 있다.
- [0143] 여기서, 매크로 기지국의 안테나가 3개 이상이고, 이동 단말이 3개 이상의 스몰 기지국 사이에 위치한 경우에는 수학식 14를 아래와 같이 일반화할 수 있다. 즉, 매크로 기지국(LBS)의 안테나가  $M$ 개( $M > 2$ )이고, 이동 단말( $M$ )이 제1 내지 제 $N$  스몰 기지국( $N > 2$ ) 간의 경계에 위치한 조건의 경우, 이동 단말( $M$ )이 수신한 신호는 수학식 15와 같이 정의될 수 있다.

**수학식 15**

[0144] 
$$Y_{Case3} = \left( H_{SB,1} + \sum_{k=1}^M [H_{LB,k} \cdot C_2^S] \right) \cdot S_1 + \left( H_{SB,2} + \sum_{i=3}^N [H_{SB,i} \cdot C_2^d] \right) \cdot S_2 + N$$

- [0145] 여기서,  $k$ 는 매크로 기지국의 안테나 인덱스,  $i$ 는 스몰 기지국의 인덱스를 나타낸다.
- [0146] 도 9는 건설적 SPC 기법 및 MRT 기법이 각각 적용된 경우에 대한 OFDM 기반의 MISO 시스템의 SNR 대비 비트 오류율 성능을 나타낸 도면이다.
- [0147] 이러한 도 9는 4가지 경우 즉, 프리코딩 기법을 전혀 사용하지 않은 경우, 1-bit 건설적 SPC 기법을 적용한 경우, 2-bit 건설적 SPC 기법을 적용한 경우, 그리고 MRT(Maximum Ratio Transmission) 기법을 적용한 경우를 도시하고 있다.
- [0148] MRT 기법은 pre-coding 기법 중에서 최적의 기법이다. 하지만 MRT 기법의 경우 완벽한 채널 추적 및 무한대 개수의 피드백 bit 수가 필요하므로 구현이 불가능하다. 또한, 도 9와 같이, MRT 기법은 2-bit 건설적인 SPC 기법과 유사한 비트 오류율 성능을 갖는다.
- [0149] 따라서, 본 발명의 실시예의 경우, 1-bit 건설적인 SPC 기법보다는 좋은 비트 오류율 성능을 갖으면서 최적의 pre-coding 기법인 MRT 기법과 유사한 비트 오류율 성능을 갖는 2-bit 건설적인 SPC 기법을 적용함으로써 이동 단말이 셀의 가장자리에 위치할 때 발생하는 경로 손실 및 송신 신호의 전력 감쇄로 인한 수신 SNR 감소를 더욱 효과적으로 해결할 수 있다.
- [0150] 도 10은 간섭 신호가 존재할 때 파괴적 SPC 기법 및 MRT 기법이 각각 적용된 경우에 대한 OFDM 기반의 MISO 시스템의 SNR 대비 비트 오류율 성능을 나타낸 도면이다.
- [0151] 도 10에서 1-bit 파괴적 SPC 기법은 pre-coding을 적용하지 않아 간섭이 완화되지 않은 기존의 시스템과 유사한 비트 오류율을 갖는다. 파괴적 MRT 기법은 간섭 신호의 전력을 가장 효과적으로 줄일 수 있어 가장 좋은 비트 오류율 성능 갖지만, 완벽한 채널 추정과 무한대 개수의 피드백 bit를 요구하므로 구현이 불가능하다.
- [0152] 따라서, 본 발명의 실시예의 경우, 파괴적 MRT 기법과 유사한 비트 오류율 성능을 갖으면서 효율적으로 간섭 신호의 전력을 줄일 수 있는 2-bit 파괴적 기법을 적용함으로써 효과적으로 간섭을 완화시킬 수 있다.

- [0153] 이하에서는 본 발명의 기법에 대한 비트 오류율 성능을 모의 실험한 결과를 설명한다.
- [0154] 모의 실험은 256개의 부반송파를 사용하며 보호구간의 길이가 64인 OFDM 전송 방식을 기반으로 수행되었고, QPSK 변조 방식이 사용되었다. 기지국과 이동 단말들 사이의 모든 채널은 7개의 다중 경로를 갖는 Rayleigh 페이딩 채널로 모델링 하였고, 코드율이 1/2이고 constraint 길이가 3인 콘볼루션 부호화가 사용되었다.
- [0155] 도 11은 HetNet 시스템 모델에서 간섭이 완화되지 않은 기존의 시스템, pre-coding 기반의 다른 간섭 완화 기법, 그리고 제안한 기법을 적용한 경우에 대한 SNR 대비 비트 오류율 성능을 나타낸 도면이다.
- [0156] 도 11은 기존의 기법 1,2와의 비트 오류율 성능 비교를 위해, 이동 단말이 2개의 피코셀 사이에 위치한 Case 2에 대해서만 나타내었다. 도 11에서 -3dB, -6dB, -12dB는 원하는 신호와 간섭 신호의 전력 비율을 의미한다. 도 11에 도시한 바와 같이, 간섭 신호가 완화되지 않은 기존 시스템의 경우 간섭 신호의 전력이 원하는 신호의 전력에 비해 낮더라도 매우 낮은 비트 오류율 성능을 갖는다.
- [0157] 기존의 기법 1과 기존의 기법 2는 모두 중계 기지국 또는 중계 단말을 사용하는 프리코딩 기반 간섭 완화 기법이다. 중계 기지국 또는 중계 단말을 사용할 경우 중계 기지국 또는 중계 단말에서의 신호 처리 과정에서 발생한 오류가 이동 단말에게 그대로 전달되는 오류 전파 현상이 필수적으로 발생한다. 또한 적합한 중계 기지국 또는 중계 단말을 선택하지 않을 때 발생하는 무선 통신 신뢰성 저하 문제가 존재한다. 즉, 적합한 중계 기지국 또는 중계 단말을 선택하기 위해 복잡한 중계기 선택 기법이 필수적으로 요구된다.
- [0158] 하지만 본 발명의 실시예에 따른 간섭 완화 기법은 중계기를 사용하지 않고 셀 내의 기지국들이 서로 협력하는 CoMP 기법 및 pre-coding 기법을 기반으로 하고 있어 중계기를 사용하는 기존 기법들보다 높은 비트 오류율 성능을 갖는다.
- [0159] 도 12는 HetNet 시스템 모델에서 간섭이 존재하지 않는 경우(Case 1)와 이동 단말이 3개의 피코셀 사이에 존재하여 간섭이 존재할 경우(Case 3)에 대한 기존 시스템과 제안한 기법의 비트 오류율 그래프를 도시한 도면이다.
- [0160] 도 12에 도시한 바와 같이 간섭이 존재하지 않는 경우(Case 1), 채널 상태가 좋아짐에 따라 비트 오류율 성능이 개선되는 것을 확인할 수 있다. 이동 단말이 3개의 피코셀 사이에 위치하여 간섭이 존재하는 경우(Case 3), 간섭 완화 기법이 적용되지 않은 기존 시스템은 간섭 신호의 전력이 원하는 신호의 전력에 비해 낮더라도 매우 낮은 비트 오류율 성능을 갖는다. 이는 2개의 피코셀 내 기지국이 간섭 신호를 전송하므로 간섭으로 인한 영향이 크기 때문이다.
- [0161] 반면에 본 발명의 실시예에 따른 간섭 완화 기법은 원하는 신호의 수신 SNR을 높이기 위해 매크로 셀 내 기지국과 피코셀1 내의 기지국이 협력하여 프리코딩 기법을 적용하고, 간섭 신호의 수신 SNR을 감소시키기 위해 피코셀2와 피코셀3 내 내 기지국이 협력하여 프리코딩 기법을 적용한다. 따라서, 전체 수신 신호의 SINR을 증가시켜 기존 시스템에 비해 매우 높은 비트 오류율 성능을 갖는다.
- [0162] 결과적으로 본 발명에서 제안한 간섭 완화 기법은 중계기를 사용하지 않아 오류 전파 현상이 없고, 기지국끼리 협력하는 CoMP 기법 및 pre-coding 기법을 적용하여 중계기를 이용한 간섭 완화 기법들보다 효과적으로 간섭을 완화할 수 있다. 또한, 이동 단말의 위치에 따라 발생하는 다양한 유형의 간섭들을 완화하기 위해, 상호 협력하는 기지국이 적응적으로 변화하는 CoMP 기법 및 pre-coding 기법을 적용하여 이동 단말의 위치에 따라 효율적으로 간섭을 완화할 수 있다.
- [0163] 이상과 같은 본 발명에 따르면, HetNet 시스템에서 기지국들이 상호 협력하는 CoMP 기법과 프리코딩을 이용한 SPC 기법을 사용함으로써 HetNet 시스템에 존재하는 복잡한 간섭 시나리오들을 완화함은 물론, HetNet 시스템의 무선 통신 성능 및 신뢰성을 향상시킬 수 있는 이점을 제공한다.
- [0164] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

**부호의 설명**

- [0165] LBS: 매크로 기지국                                 SBS1: 제1 스몰 기지국
- SBS2: 제2 스몰 기지국                   SBS3: 제3 스몰 기지국
- M: 이동 단말                             510: 수신부

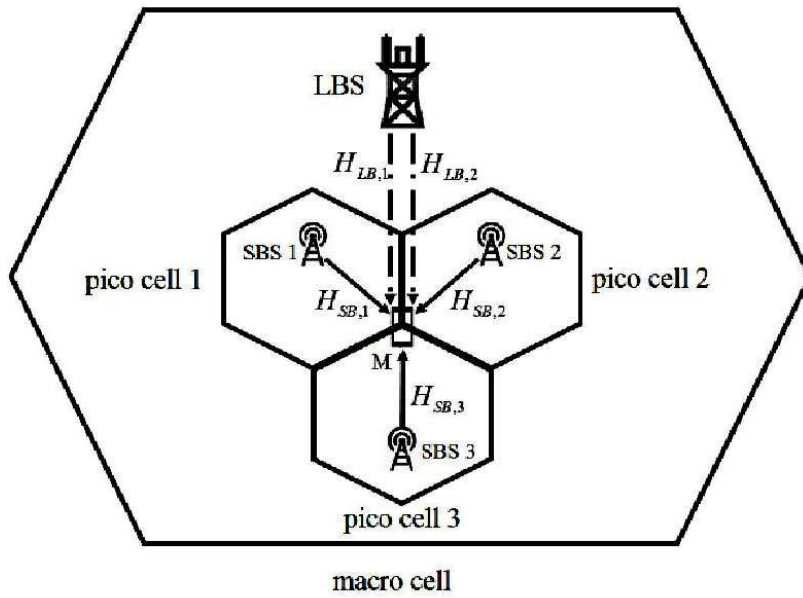
520: 분석부

530: 생성부

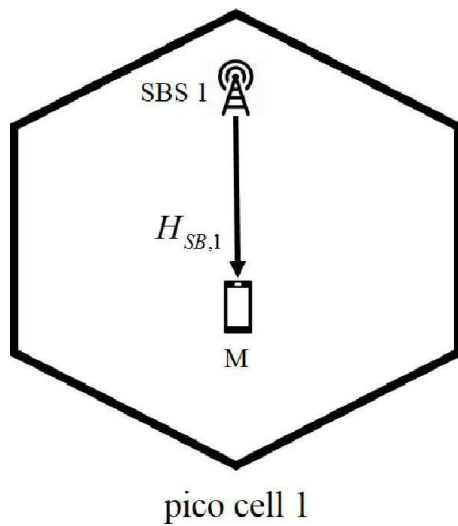
540: 전송부

도면

도면1

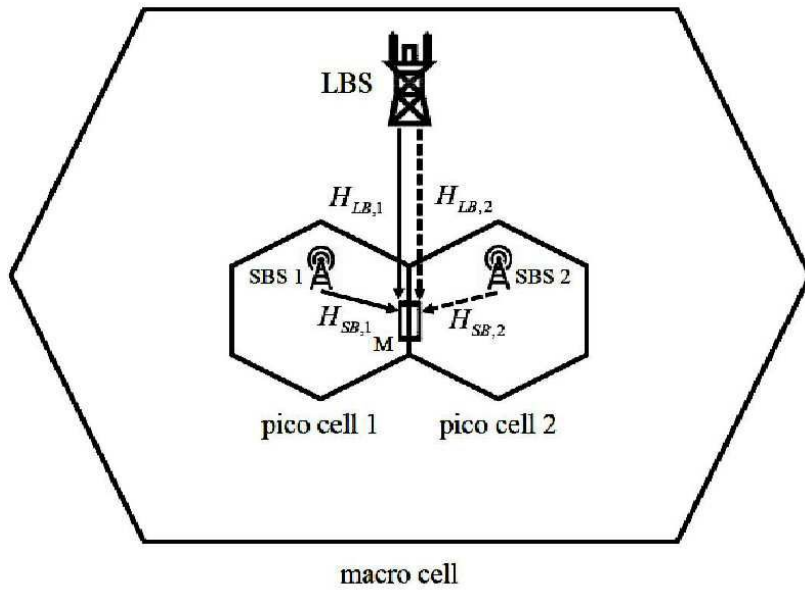


도면2

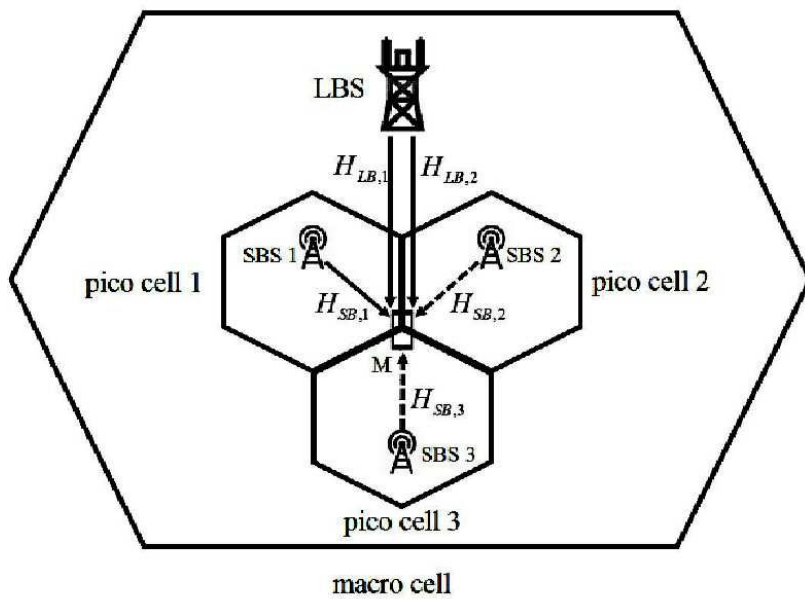




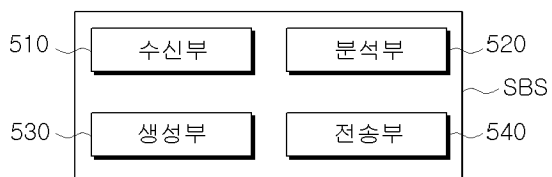
도면3



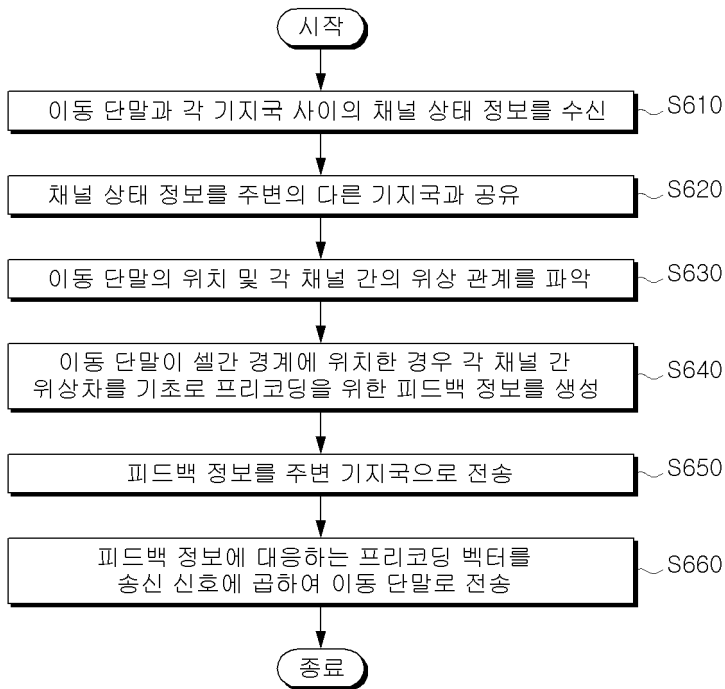
도면4



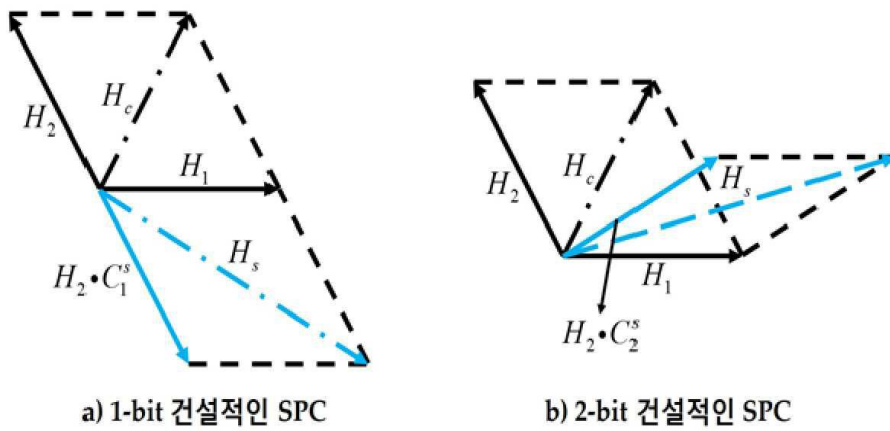
도면5



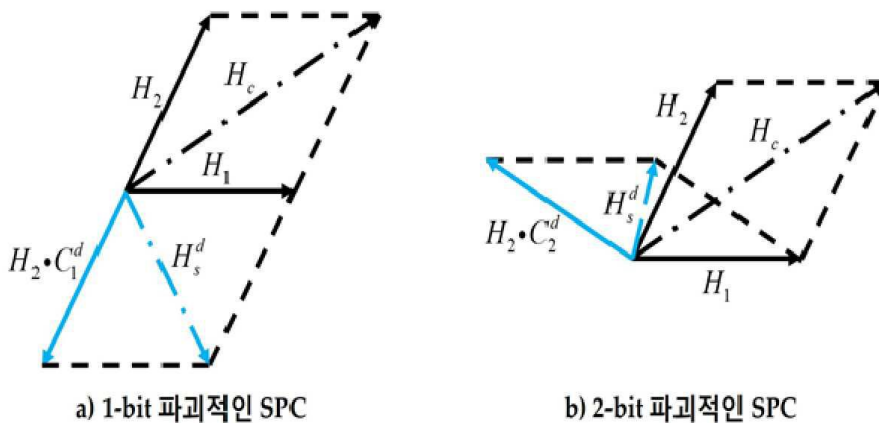
도면6



도면7

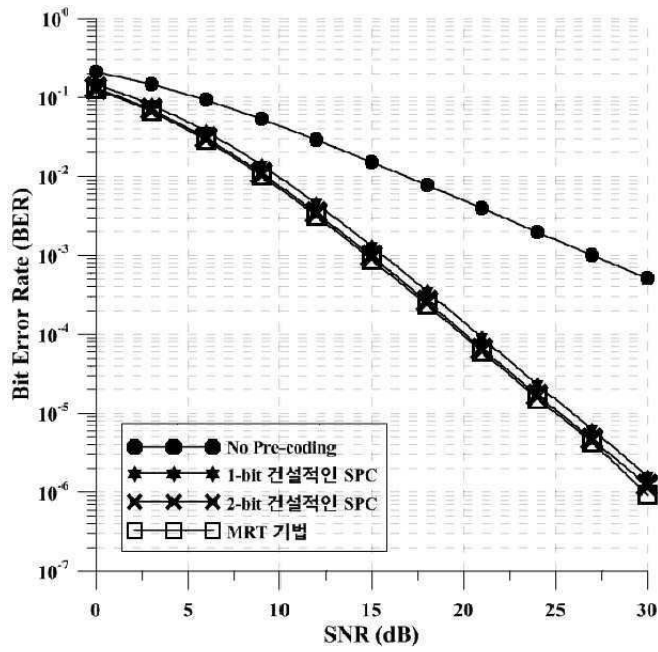


도면8

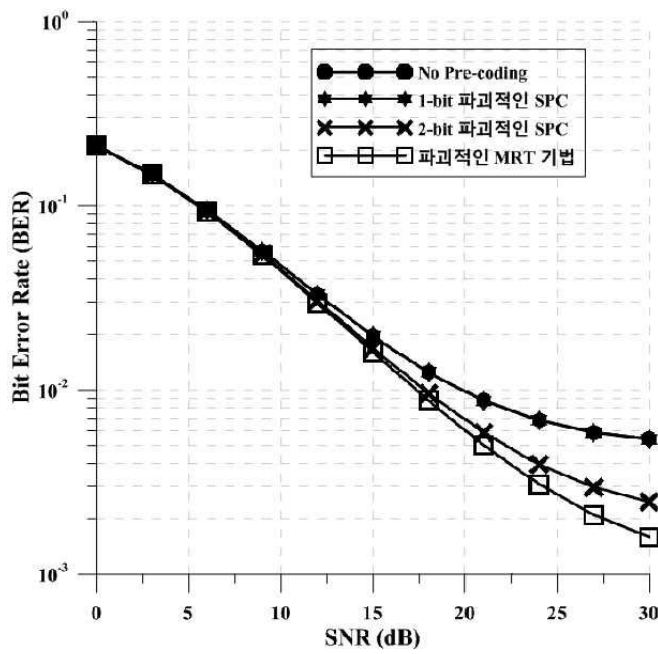




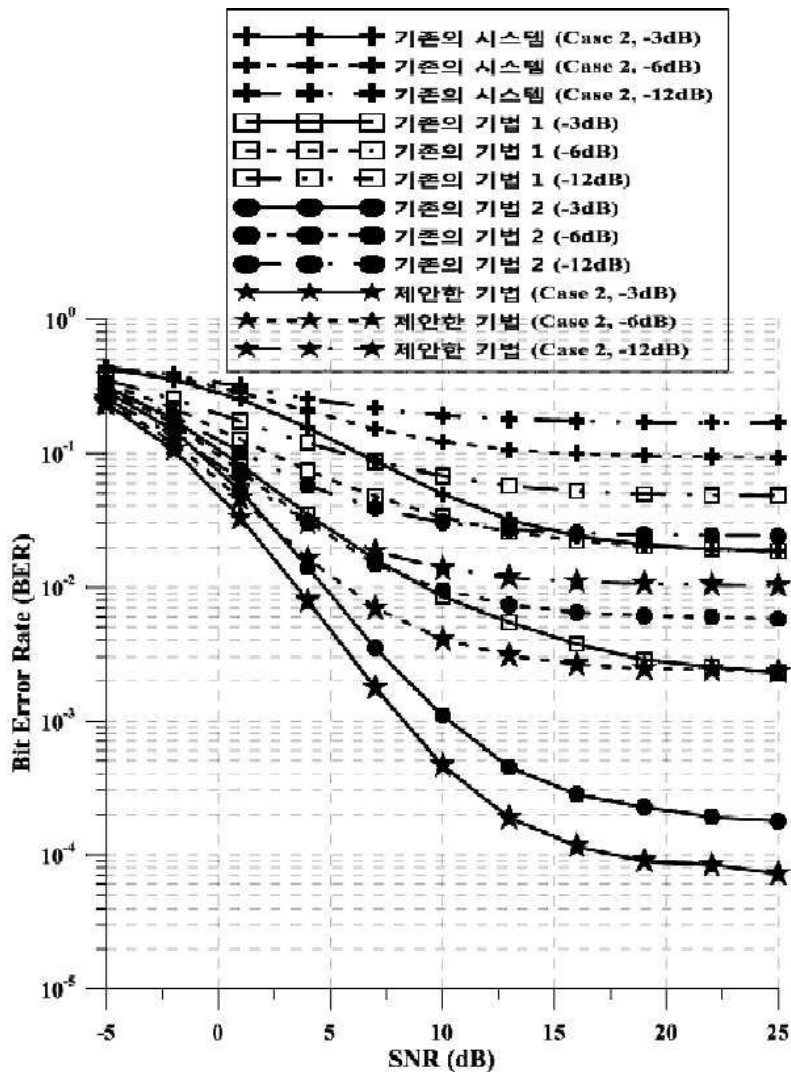
도면9



도면10



도면11



도면12

