



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0040723
(43) 공개일자 2009년04월27일

(51) Int. Cl.

H04B 7/02 (2006.01) H04B 7/26 (2006.01)

H04B 7/14 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0106207

(22) 출원일자 2007년10월22일

심사청구일자 2007년10월22일

(71) 출원인

세종대학교산학협력단

서울 광진구 군자동 98 세종대학교

(72) 발명자

김지훈

서울 광진구 군자동 373-1 B5호

송형규

경기 성남시 분당구 서현동 한양아파트 320-303

(74) 대리인

리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 6 항

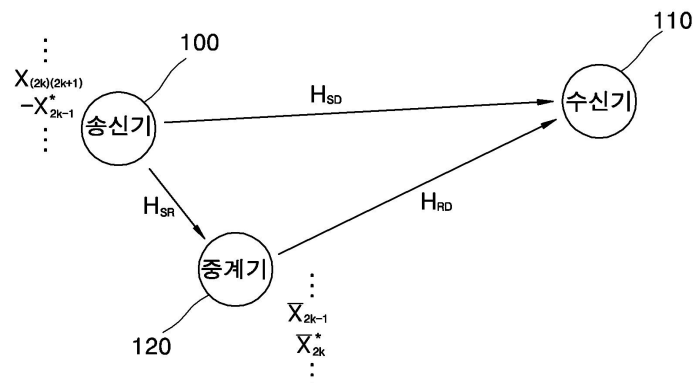
(54) 협동 전송에서의 전송 성능 향상 장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 협동 전송에서의 전송 성능 향상 장치 및 그 방법을 개시한다.

본 발명에 의하면, 기존 협동 통신 기법과는 달리 대기하는 시간을 없애며, 전송률의 저하 없이도 기존의 방식과 비슷한 수준의 다이버시티 이득을 얻음으로써 채널이 열악한 MB-OFDM 시스템과 같은 통신 시스템에서 저전력, 저비용으로도 신뢰성 있는 통신을 가능케 할 수 있으며, 그 결과 이는 전력 소비에 민감한 MB-OFDM 기반의 무선 홈 네트워크와 같은 환경에서 단말기들이 저전력으로 고속 통신하는 것을 가능하게 한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

전송 데이터를 2 이상의 계층으로 분류하여 계층별로 변조하여 전송하는 송신기;

상기 송신기에서 전송되는 신호를 수신하여 이 수신된 신호를 계층 변조된 신호로 인식하여 검출하여 상기 송신기가 전송하려는 신호를 추정하고, 그 추정된 신호를 다시 전송하는 중계기; 및

상기 송신기 및 중계기로부터 전송된 신호를 수신하며, 그 수신된 신호로부터 원래의 신호를 추정하는 수신기;를 포함하는 것을 특징으로 하는 협동 전송에서의 전송 성능 향상 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 송신기가 전송할 비트들의 매 4비트 중 먼저 전송될 두 비트를 계층 1, 나머지 두 비트를 계층 2라 할 때에, 계층 1에 현재 보내고자 하는 비트를 그리고 계층 2에는 다음에 보내고자 하는 비트를 위치시켜 정보 비트를 계층 변조하며,

상기 중계기는 상기 계층 변조된 신호를 수신하여 이를 계층 변조된 신호로 인식하여 계층 1과 계층 2 모두를 검출하고, 상기 수신기는 상기 송신기로부터의 계층 변조된 신호를 4위상 편이 변조된 신호로 인식하여 계층 1만 검출하는 것을 특징으로 하는 협동 전송에서의 전송 성능 향상 장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 송신기는,

전송하려는 정보 비트를 4위상 편이 변조하는 4위상 편이 변조기; 및

전송하려는 정보 비트를 계층 변조하는 계층 변조기;를 포함하며,

상기 4위상 편이 변조기는 두 개의 정보 비트 $\{b_{2m-1}, b_{2m}\}$ 를 4위상 편이 심볼 X_m 로 변조하고, 상기

계층 변조기는 네 개의 정보 비트 $\{b_{2n-1}, b_{2n}, b_{2n+1}, b_{2n+2}\}$ 를 계층 심볼 $X_{(n)(n+1)}$ 로 변조할 때에(m, n 은 1 이상의 정수),

상기 송신기에서 4위상 편이 변조된 신호를 이용한 신호들이 $X_1, -X_1^*, -X_3^*$ 이고, 계층 변조된 신호가

X_{23} 및 X_{45} 일 때에 상기 송신기는 $X_1, X_{23}, -X_1^*, X_{45}, -X_3^*$ 의 순서로 신호를 전송하고,

X_2, X_3, X_4 이 상기 중계기에서 추정된 원 신호이며, H_{SD} 은 송신기-수신기 채널의 주파수 응답,

H_{RD} 은 중계기-수신기 채널의 주파수 응답이고, $N_{D,i}$ 는 상기 송신기로부터의 단위 시간마다의 전송 중의 i 번째 전송 단계인 i 단계에서 수신기의 노이즈 성분일 때에, 상기 수신기에서 추정된 원래의 신호는,

$$\begin{aligned}\widehat{X}_1 &= (2|H_{SD}|^2 + |H_{RD}|^2)X_1 + H_{SD}H_{RD}^*(X_{23} - X_2) + N_{D,1} + N_{D,2} + N_{D,3}, \\ \widehat{X}_2 &= |H_{SD}|^2X_{23} + |H_{RD}|^2X_2 + N_{D,2} + N_{D,3}, \\ \widehat{X}_3 &= (|H_{SD}|^2 + |H_{RD}|^2)X_3 + H_{SD}H_{RD}^*(X_{45} - X_4) + N_{D,4} + N_{D,5}, \\ \widehat{X}_4 &= |H_{SD}|^2X_{45} + |H_{RD}|^2X_4 + N_{D,4} + N_{D,5}\end{aligned}$$

로 표시되는 것을 특징으로 하는 협동 전송에서의 전송 성능 향상 장치.

청구항 4

- (a) 전송 데이터를 2 이상의 계층으로 분류하여 계층별로 변조하여 전송하는 단계;
- (b) 상기 전송된 신호를 수신하여 이 수신된 신호를 계층 변조된 신호로 인식하여 검출하여 상기 전송하려는 원 신호를 추정하고, 그 추정된 신호를 다시 중계 전송하는 단계; 및
- (c) 상기 (a) 단계 및 (b) 단계에서 직접 및 중계 전송된 신호를 수신하여, 그 수신된 신호들로부터 원래의 신호를 추정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 협동 전송에서의 전송 성능 향상 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 (a) 단계에서, 전송할 비트들의 매 4비트 중에서 먼저 전송될 두 비트를 계층 1, 나머지 두 비트를 계층 2라 할 때에, 계층 1에 현재 보내고자 하는 비트를 그리고 계층 2에는 다음에 보내고자 하는 비트를 위치시켜 정보 비트를 계층 변조하며,

상기 (b) 단계에서, 상기 계층 변조된 신호를 수신하여 이를 계층 변조된 신호로 인식하여 계층 1과 계층 2 모두를 검출하고,

상기 (c) 단계에서 상기 (a) 단계에서 전송되는 계층 변조된 신호를 4위상 편이 변조된 신호로 인식하여 계층 1만 검출하는 것을 특징으로 하는 협동 전송에서의 전송 성능 향상 방법.

청구항 6

제4항 또는 제5항에 있어서,

상기 (a) 단계에서, 전송하려는 정보 비트를 계층 변조 외에 전송하려는 정보 비트를 4위상 편이 변조하며,

상기 4위상 편이 변조는 두 개의 정보 비트 $\{b_{2m-1}, b_{2m}\}$ 를 4위상 편이 심볼 X_m 로 변조하고, 상기

계층 변조는 네 개의 정보 비트 $\{b_{2n-1}, b_{2n}, b_{2n+1}, b_{2n+2}\}$ 를 계층 심볼 $X_{(n)(n+1)}$ 로 변조할 때에(m, n 은 1 이상의 정수),

상기 4위상 편이 변조된 신호를 이용한 신호들이 $X_1, -X_1^*, -X_3^*$ 이고, 계층 변조된 신호가 X_{23} 및

X_{45} 일 때에, 상기 (a) 단계에서 $X_1, X_{23}, -X_1^*, X_{45}, -X_3^*$ 의 순서로 신호를 전송하고,

상기 (b) 단계에서 추장된 원 신호가 X_2, X_3, X_4 이며,

H_{SD} 은 상기 (c) 단계에서의 송신기-수신기 채널의 주파수 응답, H_{RD} 은 중계기-수신기 채널의 주파수

응답이고, $N_{D,i}$ 는 전송하는 단위 시간마다의 전송 중의 i 번째 전송 단계인 i 단계에서 상기 (c) 단계의 수신시의 노이즈 성분일 때에, 상기 (c) 단계에서 추정된 원래의 신호는,

$$\begin{aligned}\widehat{X}_1 &= (2|H_{SD}|^2 + |H_{RD}|^2)X_1 + H_{SD}H_{RD}^*(X_{23} - X_2) + N_{D,1} + N_{D,2} + N_{D,3}, \\ \widehat{X}_2 &= |H_{SD}|^2X_{23} + |H_{RD}|^2X_2 + N_{D,2} + N_{D,3}, \\ \widehat{X}_3 &= (|H_{SD}|^2 + |H_{RD}|^2)X_3 + H_{SD}H_{RD}^*(X_{45} - X_4) + N_{D,4} + N_{D,5}, \\ \widehat{X}_4 &= |H_{SD}|^2X_{45} + |H_{RD}|^2X_4 + N_{D,4} + N_{D,5}\end{aligned}$$

로 표시되는 것을 특징으로 하는 협동 전송에서의 전송 성능 향상 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- <1> 본 발명은 통신 장치에 대한 것으로, 더 자세하게는 양방향 통신이 가능한 다중 대역 직교 주파수 분할 다중 변조(Multi-Band Orthogonal Frequency Division Multiplexing : 이하, 'MB-OFDM'이라고 함)와 같은 통신 시스템 기반의 홈 네트워크와 같은 통신 환경에서의 협동 전송에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 초광대역을 사용하는 MB-OFDM 시스템 기반의 고속 무선 홈 네트워크에서, 송신기가 전송하는 신호는 다양한 장애물에 의해 크게 열화된 상태로 수신기로 들어온다. 다른 시스템과는 달리 MB-OFDM 시스템은 낮은 전력 소모, 낮은 복잡도, 저렴한 기기를 지향하기 때문에 열악한 채널을 극복하기 위한 방안으로 다중 안테나를 도입하는 것은 좋은 해결방안이 아니다. 대신 하나의 안테나를 가지면서도 중계기의 도움을 받아 다이버시티 이득을 얻을 수 있는 협동 통신 기법을 통해 신뢰성 있는 전송을 가능케 할 수 있다. 특히, 협동 통신 기법은 송신기와 수신기 사이에 장애물이 있는 경우 그 효과가 극대화된다.
- <3> 가장 기본적인 협동 통신은 각각 한 개의 안테나를 갖는 송신기, 중계기, 수신기 등 세 개의 기기로 구성되며, 중계기가 송신기로부터 전달받은 신호를 수신기에 전송함으로써 수신기는 두 개의 독립적인 채널을 통해 다이버시티 이득을 얻을 수 있다. 하지만, 송신기와 중계기가 같은 대역을 사용하면서 단순히 동시에 신호를 전송한다면 수신기는 두 신호를 분리해 낼 수 없기에 시간을 분할하여 전송해야 하는데, 이는 전송률의 저하를 야기한다. 즉, 협동 통신 기법을 적용하는 데에 있어, 송신기와 중계기가 단순히 시간을 분할하여 전송하는 방식은 전송률이 1/2로 감소하므로 지양된다. 그 대안으로, 기존의 시공간 블록 부호를 협동 통신에 접목함으로써 전송률 저하를 줄일 수 있는데, 그 절차는 다음과 같다.

- <4> 첫 번째 단계에서, 송신기는 신호 X_1 을 전송하고 중계기와 수신기는 이 신호를 받는다. 두 번째 단계에서, 송신기는 신호 X_2 를 중계기와 수신기에 전송하고, 중계기는 이를 받는 동시에 추정한 신호 $\overline{X_1}$ 을 수신기에 전송한다. 세 번째 단계에서, 송신기는 신호 $-X_1^*$ 을, 중계기는 추정한 신호 $\overline{X_2^*}$ 를 수신기에 전송한다. 여기서 X^* 는 X 의 켈레 복소수(conjugate)를 의미한다.

- <5> 이때에 두 번째와 세 번째 단계에 수신기에 전송된 신호는 알라무티의 시공간 블록 부호의 구성을 갖기 때문에 수신기는 두 신호를 분리할 수 있고, 독립적인 채널을 통해 들어온 신호들은 다이버시티 이득을 제공한다. 하지만, 이 경우 세 단계 동안 두 개의 신호 밖에 보내지 못하기에 여전히 전송률이 2/3로 저하되는 단점이 있다. 이는 다이버시티 이득으로 상쇄될 수 있지만, 협동 통신의 이점이 줄어들게 된다.

- <6> 또한 전송률 저하를 줄이기 위한 방안으로 시공간 블록 부호를 변형해 활용할 수 있으나, 이 또한 송신기가 다음에 어떤 신호를 전송할지 중계기는 알 수 없기 때문에 지연시간이 발생한다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <7> 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는, 상기의 문제점들을 해결하기 위해, 양방향 통신이 가능한 통신 시스템에서 한 개의 안테나를 사용하는 기기가 다이버시티 이득을 얻기 위해 협동 통신을 하면서도 시공간 블록 부호를 전송하기 위해 필요한 지연시간을 없앴으로써 전송률을 유지시킬 수 있는 협동 전송에서의 전송 성능 향상 장치 및 그 방법을 제공하는데 있다.

과제 해결수단

- <8> 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명에 의한, 협동 전송에서의 전송 성능 향상 장치는, 전송 데이터를 2 이상의 계층으로 분류하여 계층별로 변조하여 전송하는 송신기; 상기 송신기에서 전송되는 신호를 수신하여 이 수신된 신호를 계층 변조된 신호로 인식하여 검출하여 상기 송신기가 전송하려는 신호를 추정하고, 그 추정된 신호를 다시 전송하는 중계기; 및 상기 송신기 및 중계기로부터 전송된 신호를 수신하며, 그 수신된 신호로부터 원래의 신호를 추정하는 수신기;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <9> 상기 다른 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명에 의한, 협동 전송에서의 전송 성능 향상 방법은, (a) 전송 데이터를 2 이상의 계층으로 분류하여 계층별로 변조하여 전송하는 단계; (b) 상기 전송된 신호를 수신하여 이 수신된 신호를 계층 변조된 신호로 인식하여 검출하여 상기 전송하려는 원 신호를 추정하고, 그 추정된 신호를 다시 중계 전송하는 단계; 및 (c) 상기 (a) 단계 및 (b) 단계에서 직접 및 중계 전송된 신호를 수신하여, 그 수신된 신호들로부터 원래의 신호를 추정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

효 과

- <10> 본 발명에 의하면, 기존 협동 통신 기법과는 달리 대기하는 시간을 없애며, 전송률의 저하 없이도 기존의 방식과 비슷한 수준의 다이버시티 이득을 얻음으로써 채널이 열악한 MB-OFDM 시스템과 같은 통신 시스템에서 저전력, 저비용으로도 신뢰성 있는 통신을 가능케 할 수 있으며, 그 결과 이는 전력 소비에 민감한 MB-OFDM 기반의 무선 홈 네트워크와 같은 환경에서 단말기들이 저전력으로 고속 통신하는 것을 가능하게 한다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <11> 이하에서 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 일 실시예를 상세히 설명한다. 실제 협동통신 시스템에서는 심볼 단위로 하지 않고 프레임 단위로 협동통신이 실행된다. 하지만 아래에서는 설명의 편의와 간략함을 위해 프레임 단위 대신에 심볼 단위로 설명을 진행한다. 본 발명이 속한 분야의 통상의 지식을 가진 자에게는 아래와 같은 본 발명에 따른 동작을 심볼을 사용하여 실시한 설명을 참조하여 프레임 단위로의 확장을 하는 것은 용이하게 이루어질 수 있다. 그러므로 그에 대한 별도의 설명은 하지 않을 것이다.
- <12> 도 1은 본 발명에 따른 장치의 구성을 블록으로 도시한 것이다. 이 장치는, 전송 데이터를 2 이상의 계층으로 분류하여 계층별로 변조하여 전송하는 송신기(100), 상기 송신기(100)에서 전송되는 신호를 수신하여 이 수신된 신호를 계층 변조된 신호로 인식하여 검출하여 상기 송신기(100)가 전송하려는 신호를 추정하고, 그 추정된 신호를 다시 전송하는 중계기(120) 및 상기 송신기(120) 및 중계기(100)로부터 전송된 신호를 수신하며, 그 수신된 신호로부터 원래의 신호를 추정하는 수신기(110)를 포함한다.
- <13> 본 발명에 따른 도 1의 장치 및 그 각 구성 요소의 동작은 이하에서 상세하게 설명된다.
- <14> 도 2는 함축적으로 신호를 전송하기 위해 사용하는 계층 변조기의 성상도를 나타낸 도면이다. 본 발명에서는 도 2에 명시된 성상도를 기반으로 하는 계층 변조기를 기존의 용도와는 다르게 사용한다. 변조되는 매 4비트 중, 앞의 두 비트를 계층 1, 뒤의 두 비트를 계층 2라고 한다. 송신기(100)는 계층 1에 현재 보내고자 하는 비트를 두고, 계층 2에는 다음에 보내고자 하는 비트를 두어 정보 비트를 변조한다.
- <15> 계층 변조된 신호는 중계기(120)와 수신기(110)로 전송되는데, 중계기(120)는 이를 계층 변조된 신호로 인식하여 계층 1과 2 모두를 검출하고, 수신기(110)는 이를 4위상 편이 변조된 신호로 인식하여 계층 1만 검출한다. 이러한 방법으로 검출하는 경우 검출 신뢰성을 다소 저하시킬 수 있지만, 중계기(120)가 송신기(100)의 다음 신호를 미리 알 수 있게 된다는 장점이 있어, 종래에 중계기가 송신기의 다음 신호를 미리 알 수 없게 되는 불리한 점을 없애는 효과가 있다.

- <16> 지연시간이 없는 시공간 블록 부호를 구성하기 위해서는 두 단위 시간마다 한 번만 계층 변조된 신호를 전송해도 문제없기 때문에, 송신기(100)는 부가적인 성능저하를 막기 위해 계층 변조기뿐만 아니라 4위상 편이 변조기 또한 사용한다.
- <17> 도 3은 정보 비트가 필요에 따라 4위상 편이 변조기 또는 계층 변조기에 의해 변조되는 것을 나타낸 도면으로, 도 3은 정보 비트 $\{b_1, b_2, b_3, b_4\}$ 가 4위상 편이 변조기(300)와 계층 변조기(310)에 의해 각각 $\{X_1, X_2\}$ 와 X_{12} 로 변조되는 것을 나타낸다. 도 4에는 $\{b_1, b_2, b_3, b_4\}$ 의 4개의 비트만 표시되어 있지만, 이를 확장하면 4위상 편이 변조기(300)는 두 개의 정보 비트 $\{b_{2m-1}, b_{2m}\}$ 를 4위상 편이 심볼 X_m 로 변조하고, 계층 변조기(310)는 네 개의 정보 비트 $\{b_{2n-1}, b_{2n}, b_{2n+1}, b_{2n+2}\}$ 를 계층 심볼 $X_{(n)(n+1)}$ 로 변조한다(이때에 m, n 은 1 이상의 정수).
- <18> 도 4는 본 발명에 따른 시공간 블록 부호를, 각 단계에 따라 송신기와 중계기가 전송하는 심볼로 나타낸 표로, 송신기(100)는 도 4의 시공간 블록 부호를 전송하기 위해 도 3에 도시된 선택적으로 각 변조기가 작동하는 구성을 이용하여 정보 비트를 변조하여, 4위상 편이 변조된 신호와 계층 변조된 신호를 번갈아가며 전송한다.
- <19> 선택변조기는 도 4에 따라, 홀수 단계에서 정보 비트의 번호가 4로 나누었을 때 나머지가 1 또는 2인 경우에는 그 두 정보 비트를 묶어서 4위상 편이 변조기(300)를 사용하여 변조하고, 짝수 단계에서 정보 비트의 번호가 3보다 큰 경우에는 정보 비트를 4개씩 묶어서 계층 변조기(310)를 사용하여 변조한다.
- <20> 이때에 'i 단계'는 송신기로부터의 단위 시간마다의 전송 중의 i 번째 전송 단계를 의미하며, 이하에서는 이와 같은 의미로 i 단계라고 계속 언급할 것이다.
- <21> 한편, 도 4의 중계기(120)에서 전송하는 심볼을 보면 송신기(100)와는 달리 중계기(120)는 4위상 편이 변조기만 사용하는 것을 알 수 있다.
- <22> 도 4에서, 5단계까지 중계기(120)가 수신한 신호를 주파수 축에서 보면 다음과 같다.

수학적식 1

$$\begin{aligned} Y_{R,1} &= X_1 H_{SR} + N_{R,1}, \\ Y_{R,2} &= X_{23} H_{SR} + N_{R,2}, \\ Y_{R,3} &= -X_1^* H_{SR} + N_{R,3}, \\ Y_{R,4} &= X_{45} H_{SR} + N_{R,4}, \\ Y_{R,5} &= -X_3^* H_{SR} + N_{R,5} \end{aligned}$$

- <23> 여기서, H_{SR} 은 송신기-중계기 채널의 주파수 응답이고, $N_{R,i}$ 는 i 단계에서 중계기(120)의 노이즈 성분이다.
- <24> 중계기(120)는 각 단계에서 즉각적으로 다음과 같이 송신기(100)의 신호를 추정한다.

수학식 2

$$\overline{X_1} = \frac{Y_{R,1}}{H_{SR}}, \overline{X_2} = \left\langle \frac{Y_{R,2}}{H_{SR}} \right\rangle_1, \overline{X_3} = \left\langle \frac{Y_{R,2}}{H_{SR}} \right\rangle_2, \\ \overline{X_4} = \left\langle \frac{Y_{R,4}}{H_{SR}} \right\rangle_1, \overline{X_5} = \left\langle \frac{Y_{R,4}}{H_{SR}} \right\rangle_2$$

<26>

<27> 여기서 $\overline{X_i}$ 와 $\overline{H_{SR}}$ 은 각각 중계기(120)에서 추정한 송신기(100)의 신호와 송신기-중계기 채널의 주파수 응답을 의미한다. 또한, $\langle G \rangle_1$ 는 G 를 계층 복조기의 계층 1로 추정함을 나타내고, $\langle G \rangle_2$ 는 계층 2로 추정함을 나타낸다. 그 이외의 경우에는 4위상 편이 복조기로 추정한다.

<28> 한편, 수신기(110)가 각 단계에 송신기(100)와 중계기(120)로부터 받은 신호를 주파수 축에서 표현하면 다음과 같다.

수학식 3

$$Y_{D,1} = X_1 H_{SD} + N_{D,1}, \\ Y_{D,2} = X_{23} H_{SD} + \overline{X_1} H_{RD} + N_{D,2}, \\ Y_{D,3} = -X_1^* H_{SD} + \overline{X_2}^* H_{RD} + N_{D,3}, \\ Y_{D,4} = X_{45} H_{SD} + \overline{X_3} H_{RD} + N_{D,4}, \\ Y_{D,5} = -X_3^* H_{SD} + \overline{X_4}^* H_{RD} + N_{D,5}$$

<29>

<30> 여기서, H_{RD} 은 중계기-수신기 채널의 주파수 응답이고, H_{SD} 은 송신기-수신기 채널의 주파수 응답이며, $N_{D,i}$ 는 i 단계에서 수신기(110)의 노이즈 성분이다. 수신기(110)는 다음과 같이 원 신호를 추정하게 된다.

수학식 4

$$\widehat{X_1} = Y_{D,1} \widehat{H_{SD}^*} + Y_{D,2} \widehat{H_{RD}^*} - Y_{D,3} \widehat{H_{SD}}, \\ \widehat{X_2} = Y_{D,2} \widehat{H_{RD}^*} + Y_{D,3} \widehat{H_{SD}}, \\ \widehat{X_3} = Y_{D,4} \widehat{H_{RD}^*} - Y_{D,5} \widehat{H_{SD}}, \\ \widehat{X_4} = Y_{D,4} \widehat{H_{RD}^*} + Y_{D,5} \widehat{H_{SD}}$$

<31>

<32> 여기서, $\widehat{H_{RD}}$ 는 수신기(110)가 추정한 중계기-수신기 채널의 주파수 응답이다. 이때에 근사적으로 $\overline{X_i}$

는 X_i 와 같고, $\overline{H_{SR}}$ 는 H_{SR} 과 같다고 볼 수 있으므로, 다음과 같이 수학적식을 정리할 수 있다.

수학적식 5

$$\begin{aligned}\hat{X}_1 &= (2|H_{SD}|^2 + |H_{RD}|^2)X_1 + H_{SD}H_{RD}^*(X_{23} - X_2) + N_{D,1} + N_{D,2} + N_{D,3}, \\ \hat{X}_2 &= |H_{SD}|^2X_{23} + |H_{RD}|^2X_2 + N_{D,2} + N_{D,3}, \\ \hat{X}_3 &= (|H_{SD}|^2 + |H_{RD}|^2)X_3 + H_{SD}H_{RD}^*(X_{45} - X_4) + N_{D,4} + N_{D,5}, \\ \hat{X}_4 &= |H_{SD}|^2X_{45} + |H_{RD}|^2X_4 + N_{D,4} + N_{D,5}\end{aligned}$$

<33>

<34>

실제로 이런 경우는 송신기-중계기 채널의 신호 대 잡음비가 높고, 중계기(120)의 채널 추정이 완벽한 경우에 더욱 잘 성립할 것이다.

<35>

수학적식 5가 기존 알라무티 시공간 블록 부호의 디코딩 수학적식과 다른 점은 $X_{(i)(i+1)}$ 성분 때문에, 간섭 신호

가 존재한다는 것이다. 하지만, $X_{(i)(i+1)}$ 과 X_i 는 거의 같은 성상도에 존재하는 신호이기에 간섭의 영향은 무시할 수 있는 상태에서 다이버시티 이득을 얻을 수 있다. 5단계 이후의 중계기와 수신기에서의 수신신호와 디코딩과정은 3단계와 4단계의 반복이다.

<36>

도 5부터 도 8까지는 본 발명에 따른 성능 향상을 보여주는 그래프이다. 도 5 내지 도 8의 세로축은 비트 에러율이며, 가로축은 신호 송신기-수신기 채널의 신호대 잡음비이다. 모의 실험에서, 시간 및 주파수 동기와 채널 추정은 완벽하다고 가정하였으며, 송신기-수신기 채널의 신호 대 잡음비와 중계기-수신기 채널의 신호 대 잡음비는 동일하다고 가정하였다. 또한, 공정한 비교를 위하여, 송신기와 중계기는 각각 비 협동통신인 경우에 사용하는 전송 파워의 반을 사용함을 가정하였다.

<37>

도 5는 초광대역 채널 모델 2에서 4위상 편이 변조기법(QPSK), 16-QAM, 계층변조 기법의 비트 오류율을 보여준다. 4위상 편이 변조기법이 가장 좋은 성능을 보이고, 계층변조기법 사용 시 수신기가 검출하는 신호, 즉, 계층 1(HM 클래스 1)이 그 보다는 조금 저하된 성능을 보인다. 마지막으로 16-QAM과 계층변조기법 사용 시 함축된 신호, 즉, 계층 2 검출(HM 클래스 2) 시의 성능은 서로 비슷함을 알 수 있다.

<38>

도 6은 초광대역 채널 모델 2에서 320 Mbps 모드로 동작하는 MB-OFDM 시스템에 협동 기법을 적용했을 때와 적용하지 않았을 때의 비트 오류율을 보여준다.

<39>

송신기-중계기 채널의 신호 대 잡음비가 송신기-수신기 채널의 신호 대 잡음비 보다 일정 수준 높은 경우(본 발명에 따르며, SNR Gap=6, 12), 본 발명에 따른 협동 통신 기법이 비 협동 기법(협동전송 없음)보다 좋은 성능을 보임을 알 수 있다. 실제로 적용 시에서는 신호 대 잡음비가 높은 채널을 갖는 중계기가 있을 경우, 즉, 협동의 이득이 있는 경우에만 협동 통신을 하여 성능 저하를 막을 수 있다.

<40>

한편, 중계기가 송신기의 신호를 완벽하게 복원하여 수신기로 전송할 경우(본 발명에 따르며, 중계기의 완벽 추정)에, 안테나 2개와 알라무티의 시공간 블록 부호를 사용하는 비협동 시스템(협동전송 없음, 2x1 STBC)과 거의 근접한 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 동일한 성능을 보이지 못하는 이유는, 수학적식 5에서 보였던 것처럼, 계층변조 기법을 사용하였기에 간섭신호가 존재하기 때문이다.

<41>

도 7과 도 8은 각각 초광대역 채널 모델 2에서 400 Mbps 모드와 480 Mbps 모드로 동작하는 MB-OFDM 시스템에 협동 통신 기법을 적용했을 때와 적용하지 않았을 때의 비트 오류율을 보여준다. 도 6의 320 Mbps 모드로 동작하는 경우와 달라진 점은, 송신기-중계기 채널의 신호 대 잡음비가 송신기-수신기 채널의 신호 대 잡음비 보다 6 dB 높은 경우(본 발명에 따르며, SNR Gap=6) 비협동 시스템(협동전송 없음)의 성능과 마주치는 위치가(즉, SNR 이 서로 같아지는 지점) 12 dB에서 15 dB로 이동했다는 것이다. 이는 협동 통신 기법의 이득이 줄어들었음을 보여주는 것인데, MB-OFDM 시스템에서 전송률 향상을 위해 사용한 천공기법은, 협동 통신에 안 좋은 환경을 가져옴을 알 수 있다. 하지만, 여전히 다이버시티 이득 때문에 협동 통신은 비협동 통신에 비하여 좋은 비트 오류율

을 제공할 수 있음을 보여준다.

<42> 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 본 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 상기의 설명에 포함된 예들은 본 발명에 대한 이해를 위해 도입된 것이며, 이 예들은 본 발명의 사상과 범위를 한정하지 않는다. 상기의 예들 외에도 본 발명에 따른 다양한 실시 태양이 가능하다는 것은, 본 발명이 속한 기술 분야에 통상의 지식을 가진 사람에게서는 자명할 것이다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

<43> 또한 본 발명에 따른 상기의 각 단계는 일반적인 프로그래밍 기법을 이용하여 소프트웨어적으로 또는 하드웨어적으로 다양하게 구현할 수 있다는 것은 이 분야에 통상의 기술을 가진 자라면 용이하게 알 수 있는 것이다.

<44> 그리고 본 발명의 일부 단계들은, 또한, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, CD-RW, 자기 테이프, 플로피디스크, HDD, 광 디스크, 광자기 저장장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로 저장되고 실행될 수 있다.

산업이용 가능성

<45> 본 발명은 무선 통신 환경에서 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

<46> 도 1은 본 발명에 따른 장치의 구성을 블록으로 도시한 것이다.

<47> 도 2는 신호를 전송하기 위해 사용하는 계층 변조기의 정상도를 나타낸 도면,

<48> 도 3은 정보 비트가 필요에 따라 4위상 편이 변조기 또는 계층 변조기에 의해 변조되는 것을 나타낸 도면,

<49> 도 4는 본 발명에 따른 시공간 블록 부호를, 각 단계에 따라 송신기와 중계기가 전송하는 심볼로 나타낸 표,

<50> 도 5는 초광대역 채널 모델 2에서 변조기법에 따라 비트 오류율을 비교한 그래프,

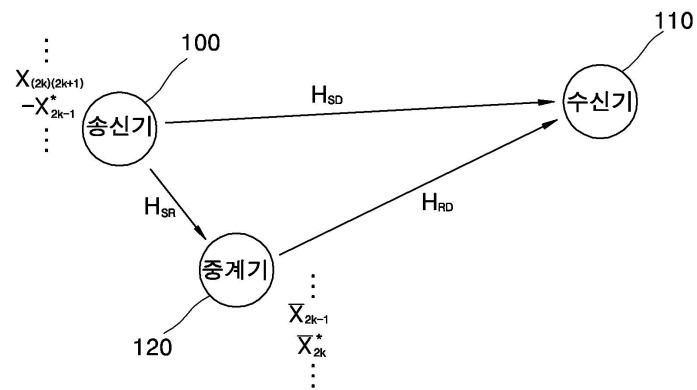
<51> 도 6은 초광대역 채널 모델 2에서 MB-OFDM 시스템이 320 Mbps 모드로 전송할 때 협동 통신과 비협동 통신의 비트 오류율을 비교한 그래프,

<52> 도 7은 초광대역 채널 모델 2에서 MB-OFDM 시스템이 400 Mbps 모드로 전송할 때 협동 통신과 비협동 통신의 비트 오류율을 비교한 그래프, 그리고,

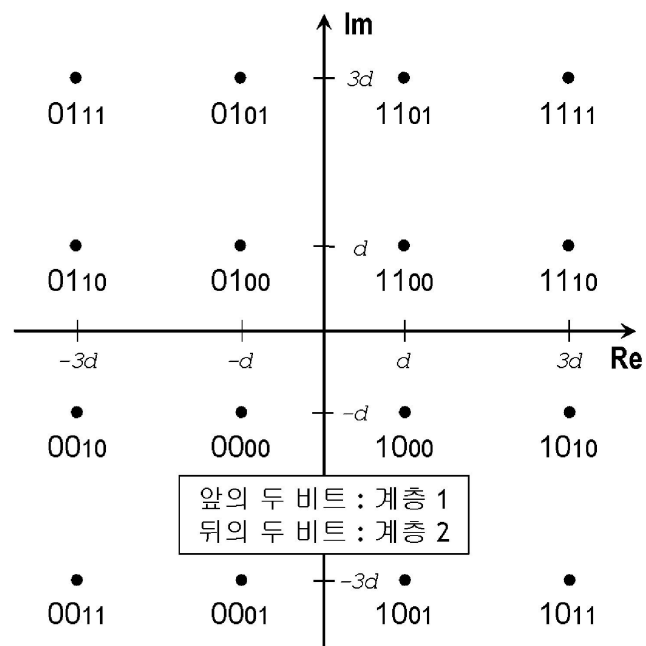
<53> 도 8은 초광대역 채널 모델 2에서 MB-OFDM 시스템이 480 Mbps 모드로 전송할 때 협동 통신과 비협동 통신의 비트 오류율을 비교한 그래프이다.

도면

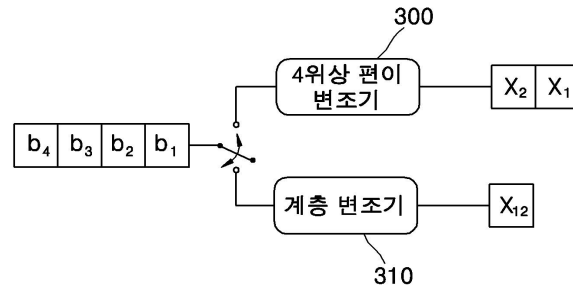
도면1



도면2



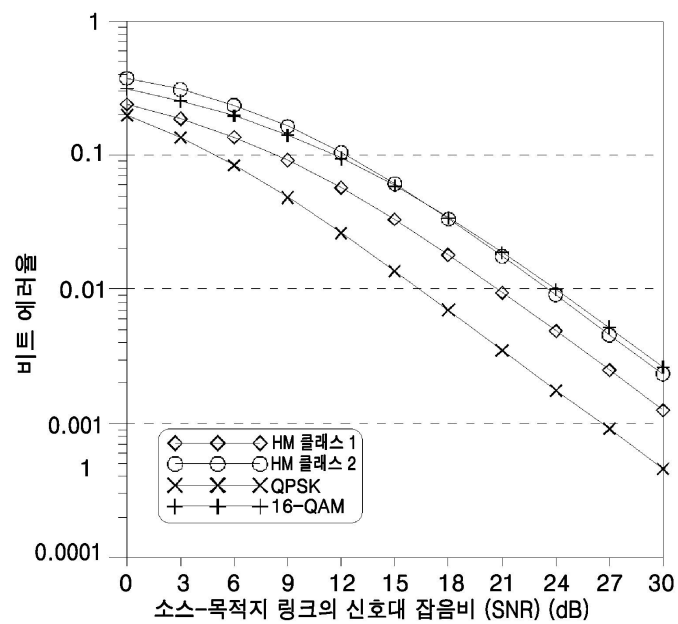
도면3



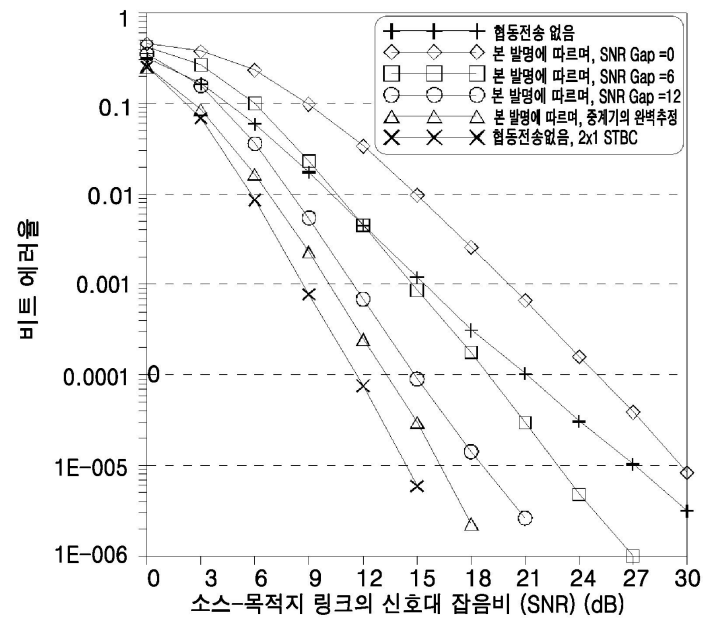
도면4

단계	송신기	중계기
1	X_1	0
2	X_{23}	$\bar{X}_1$
3	$-X_1^*$	$\bar{X}_2^*$
4	X_{45}	$\bar{X}_3$
5	$-X_3^*$	$\bar{X}_4^*$
...	...	...
$2k$	$X_{(2k)(2k+1)}$	$\bar{X}_{2k-1}$
$2k+1$	$-X_{2k-1}^*$	$\bar{X}_{2k}^*$

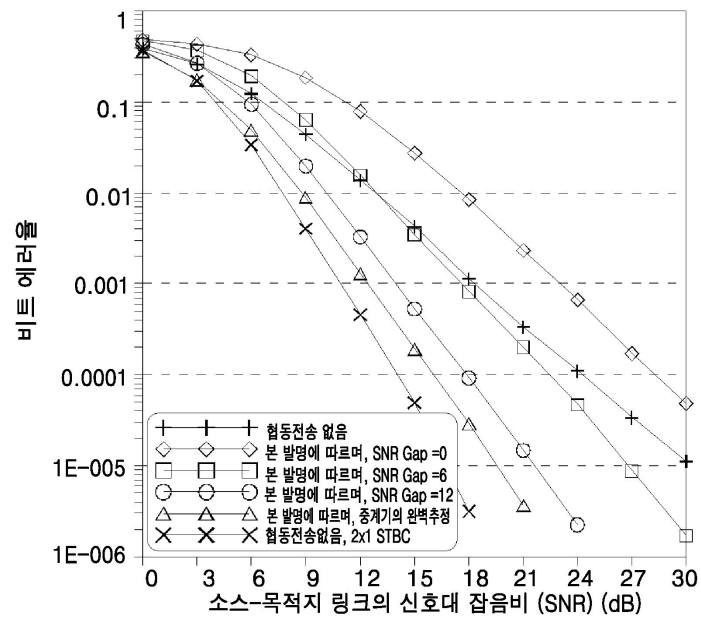
도면5



도면6



도면7



도면8

