



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년11월09일
(11) 등록번호 10-1674832
(24) 등록일자 2016년11월03일

- | | |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 25/02 (2006.01) H04L 25/03 (2006.01)
H04L 27/26 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
H04L 25/0204 (2013.01)
H04L 25/0224 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2015-0159748
(22) 출원일자 2015년11월13일
심사청구일자 2015년11월13일</p> <p>(56) 선행기술조사문헌
KR1020050067343 A*
KR1020100028583 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌</p> | <p>(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)</p> <p>(72) 발명자
고영채
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 자연
계캠퍼스 공학관 416호 (안암동5가)</p> <p>이태준
경기도 성남시 수정구 산성대로437번길 7, 104동
1605호 (단대동, 성남단대동 푸르지오)</p> <p>(74) 대리인
송인호, 윤형근, 최영중, 최관락</p> |
|---|---|

전체 청구항 수 : 총 6 항

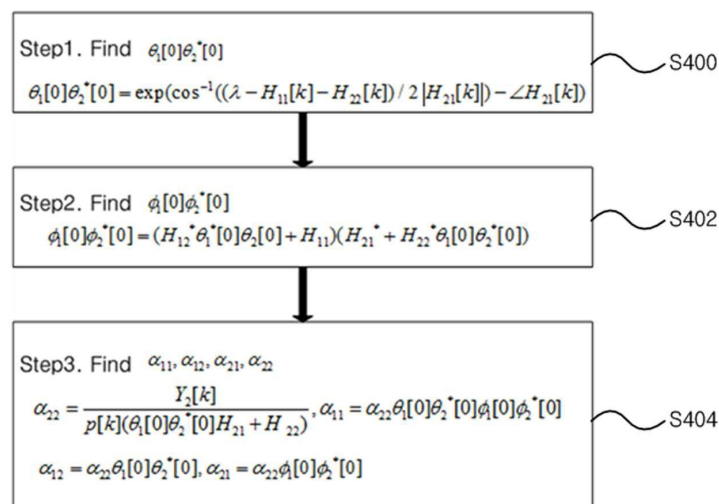
심사관 : 김대성

(54) 발명의 명칭 각 안테나 단마다 독립적인 발진기를 가지는 2×2 다중 입출력 시스템에서 위상잡음제거 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 각 안테나 단마다 독립적인 발진기를 가지는 2×2 다중 입출력 시스템에서 위상잡음제거 방법 및 장치를 개시한다. 본 발명에 따르면, 각 안테나 단마다 독립적인 발진기를 사용하는 2x2 다중 입출력 시스템에서 위상잡음을 제거하는 방법으로서, (a) 송신단의 제1 안테나 단의 공통위상오차 및 제2 안테나 단의 공통위상오차를 포함하는 송신 공통위상오차를 계산하는 단계; (b) 수신단의 제1 안테나 단의 공통위상오차 및 제2 안테나 단의 공통위상오차를 포함하는 수신 공통위상오차를 계산하는 단계; (c) 상기 송신 공통위상오차, 상기 수신 공통위상오차, 수신 신호 및 채널 행렬을 이용하여 상기 송신단 및 수신단의 각 안테나의 조합에 관한 조합 공통위상오차를 계산하는 단계; 및 (d) 상기 조합 공통위상오차를 이용하여 위상오차를 보정하는 단계를 포함하는 위상잡음제거 방법이 제공된다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

H04L 25/0258 (2013.01)

H04L 25/03821 (2013.01)

H04L 27/2695 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 B0126-15-1012

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 방송통신산업기술개발

연구과제명 IoT환경에서 촉감통신 서비스 실현을 위한 차세대 초저지연/고효율 무선접속 기술 연구

기 여 율 1/1

주관기관 연세대학교 산학협력단

연구기간 2015.03.01 ~ 2016.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

각 안테나 단마다 독립적인 발진기를 사용하는 2x2 다중 입출력 시스템에서 위상잡음을 제거하는 방법으로서,

(a) 송신단의 제1 안테나 단의 공통위상오차 및 제2 안테나 단의 공통위상오차를 포함하는 송신 공통위상오차를 계산하는 단계;

(b) 수신단의 제1 안테나 단의 공통위상오차 및 제2 안테나 단의 공통위상오차를 포함하는 수신 공통위상오차를 계산하는 단계;

(c) 상기 송신 공통위상오차, 상기 수신 공통위상오차, 수신 신호 및 채널 행렬을 이용하여 상기 송신단 및 수신단의 각 안테나의 조합에 관한 조합 공통위상오차를 계산하는 단계; 및

(d) 상기 조합 공통위상오차를 이용하여 위상오차를 보정하는 단계를 포함하되,

상기 조합 공통위상오차는,

상기 송신단의 제1 안테나 단 및 제2 안테나 단의 공통위상오차 중 하나와 상기 수신단의 제1 안테나 단 및 제2 안테나 단의 공통위상오차 중 하나의 곱으로 표현되는 위상잡음 제거 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 조합 공통위상오차는 각 파일럿의 서브캐리어에 대해 계산되며,

상기 (d) 단계는 상기 각 파일럿의 서브캐리어에 대한 조합 공통위상오차를 이용하여 위상오차를 보정하는 위상잡음 제거 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 각 파일럿의 서브캐리어에 대한 조합 공통위상오차들의 샘플 평균을 계산하는 단계를 더 포함하는 위상잡음 제거 방법.

청구항 5

제1항에 따른 방법을 수행하기 위하여 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 6

각 안테나 단마다 독립적인 발진기를 사용하는 2x2 다중 입출력 시스템으로서,

송신단으로 수신된 수신 신호로부터 CP(Cyclic Prefix)를 제거하고 푸리에 변환을 수행하는 CP 제거 및 FFT 블록; 및

채널 부가잡음과 위상잡음이 부가된 OFDM 신호로부터 채널 행렬을 추정하는 채널 추정기, 미리 설정된 알고리즘을 통해 조합 공통위상오차를 추정하는 공통위상오차 추정기로 구성된 위상잡음 제거 블록을 포함하되,

상기 공통위상오차 추정기는,

송신단의 제1 안테나 단의 공통위상오차 및 제2 안테나 단의 공통위상오차를 포함하는 송신 공통위상오차, 수신단의 제1 안테나 단의 공통위상오차 및 제2 안테나 단의 공통위상오차를 포함하는 수신 공통위상오차 및 상기

채널 행렬 및 상기 수신 신호를 이용하여 상기 조합 공통위상오차를 추정하되,

상기 조합 공통위상오차는,

상기 송신단의 제1 안테나 단 및 제2 안테나 단의 공통위상오차 중 하나와 상기 수신단의 제1 안테나 단 및 제2 안테나 단의 공통위상오차 중 하나의 곱으로 표현되는 2×2 다중 입출력 시스템.

청구항 7

삭제

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 조합 공통위상오차는 각 파일럿의 서브캐리어에 대해 추정되는 2×2 다중 입출력 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 각 안테나 단마다 독립적인 발진기를 가지는 2×2 다중 입출력 시스템에서 위상잡음제거 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 들어 보다 좋은 채널환경을 얻기 위해 안테나 간격을 떨어뜨리는 경우가, 초고주파로 갈수록 RF 회로의 구현상의 문제로 다중 입출력 시스템의 각 안테나 단에서 발진기를 공용으로 사용하는 것이 아니라 독립적으로 사용하는 경우가 늘고 있다.

[0003] 도 1은 종래기술에 따른 다중 입출력 시스템에서 공통 발진기를 사용한 경우를 도시한 것이고, 도 2는 최근 RF 회로에서 각 안테나 단마다 독립적인 발진기를 사용한 경우를 도시한 것이다.

[0004] 위상잡음은 발진기의 비이상적인 특성 때문에 나타나는 노이즈로 랜덤 프로세스 형태로 나타난다. 위상잡음은 각 발진기마다 독립적으로 나타나는데, 각 안테나 단마다 독립적인 발진기를 사용한다면 시스템에 영향을 미치는 위상잡음의 수가 안테나의 수의 비례하여 증가한다.

[0005] RF단에서 발진기의 비이상적인 특성 때문에 발생하는 위상잡음(phase noise)은 OFDM 시스템 성능의 큰 영향을 미치게 된다. 위상잡음은 공통위상오차(Common Phase Error: CPE)와 인접 서브캐리어간 간섭(Inter-Carrier Interference: ICI)의 두가지 형태로 성능 저하를 일으킨다. 그 중 공통위상오차의 영향이 더 크기 때문에 종래의 기술은 공통위상오차를 추정하려고 노력한다.

[0006] 공통위상오차는 용어 그대로 모든 서브캐리어마다 같은 위상오차가 발생하는 것이기 때문에 OFDM 심볼안에 파일럿을 이용하여 Least-Square문제를 풀면 쉽게 예측할 수 있다.

[0007] 특허출원 제10-2003-0098224호에서는 위상잡음이 있을 때 공통위상오차보정 알고리즘 및 인접 서브캐리어간 간섭을 줄이는 알고리즘을 제안하였다. 공통위상오차보정 알고리즘의 경우, S. Wu 등에 의해 2002년 12월에 IEEE Communication Letters지의 제6권 535 내지 537 페이지에 “A phase noise suppression algorithm for OFDM-based WLANs”에서 제안된 PNS방법을 사용하였는데 그것은 위에서 설명한 Least-Square방식에서 확장된 방식이다. 그러나 이 방법의 경우 단일 안테나만을 사용하였을 때 경우만을 가정하였다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 특허출원 제10-2003-0098224호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 다중 입출력 시스템에서 간단한 방법으로 공통위상오차를 추정할 수 있는 각 안테나 단마다 독립적인 발진기를 가지는 2×2 다중 입출력 시스템에서 위상잡음제거 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 각 안테나 단마다 독립적인 발진기를 사용하는 2×2 다중 입출력 시스템에서 위상잡음을 제거하는 방법으로서, (a) 송신단의 제1 안테나 단의 공통위상오차 및 제2 안테나 단의 공통위상오차를 포함하는 송신 공통위상오차를 계산하는 단계; (b) 수신단의 제1 안테나 단의 공통위상오차 및 제2 안테나 단의 공통위상오차를 포함하는 수신 공통위상오차를 계산하는 단계; (c) 상기 송신 공통위상오차, 상기 수신 공통위상오차, 수신 신호 및 채널 행렬을 이용하여 상기 송신단 및 수신단의 각 안테나의 조합에 관한 조합 공통위상오차를 계산하는 단계; 및 (d) 상기 조합 공통위상오차를 이용하여 위상오차를 보정하는 단계를 포함하는 위상잡음 제거 방법이 제공된다.

[0011] 상기 조합 공통위상오차는, 상기 송신단의 제1 안테나 단 및 제2 안테나 단의 공통위상오차 중 하나와 상기 수신단의 제1 안테나 단 및 제2 안테나 단의 공통위상오차 중 하나의 곱으로 표현될 수 있다.

[0012] 상기 조합 공통위상오차는 각 파일럿의 서브캐리어에 대해 계산되며, 상기 (d) 단계는 상기 각 파일럿의 서브캐리어에 대한 조합 공통위상오차를 이용하여 위상오차를 보정할 수 있다.

[0013] 상기 각 파일럿의 서브캐리어에 대한 조합 공통위상오차들의 샘플 평균을 계산하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상기한 방법을 수행하기 위하여 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램이 제공된다.

[0015] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 각 안테나 단마다 독립적인 발진기를 사용하는 2×2 다중 입출력 시스템으로서, 송신단으로 수신된 수신 신호로부터 CP(Cyclic Prefix)를 제거하고 푸리에 변환을 수행하는 CP 제거 및 FFT 블록; 및 채널 부가잡음과 위상잡음이 부가된 OFDM 신호로부터 채널 행렬을 추정하는 채널 추정기, 미리 설정된 알고리즘을 통해 조합 공통위상오차를 추정하는 공통위상오차 추정기로 구성된 위상잡음 제거 블록을 포함하되, 상기 공통위상오차 추정기는, 송신단의 제1 안테나 단의 공통위상오차 및 제2 안테나 단의 공통위상오차를 포함하는 송신 공통위상오차, 수신단의 제1 안테나 단의 공통위상오차 및 제2 안테나 단의 공통위상오차를 포함하는 수신 공통위상오차 및 상기 채널 행렬 및 상기 수신 신호를 이용하여 상기 조합 공통위상오차를 추정하는 2×2 다중 입출력 시스템이 제공된다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 따르면, 2×2 다중 입출력 시스템의 경우 구해야 할 공통위상오차가 4개가 존재하는데, 하나의 서브캐리어 마다 두 개의 수신 신호(두 개의 수신안테나)를 가지기 때문에 두 개의 방정식을 유도할 수 있고, 2개의 방정식에서 4개의 공통위상오차를 구하는 방법을 제시하기 때문에 파일럿 한 개만을 사용하더라도 공통위상오차를 구할 수 있다.

[0017] 또한, 본 발명에 따르면, 각 파일럿마다 공통위상오차를 구하는 알고리즘이 동일하기 때문에 모든 파일럿에서 동일한 알고리즘을 수행하면, 행렬연산을 진행해야하는 기존의 알고리즘보다 Storage Gain을 얻을 수 있고, 각 파일럿마다 알고리즘을 병렬 수행하게 된다면 Processing time도 줄일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 종래기술에 따른 다중 입출력 시스템에서 공통 발진기를 사용한 경우를 도시한 것이다.

도 2는 최근 RF 회로에서 각 안테나 단마다 독립적인 발진기를 사용한 경우를 도시한 것이다.

도 3은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 2×2 다중 입출력 시스템의 구성을 도시한 도면이다.

도 4는 본 실시예에 따른 공통위상오차 추정기(312)에서 수행되는 과정을 도시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 2×2 다중 입출력 시스템에서 파일럿 개수에 따른 BER 성능을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 본 발명의 일실시예를 도면을 참조하여 설명하도록 하겠다.

[0020] 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0021] 본 발명은 2x2 다중 입출력 시스템에서 위상잡음을 제거하기 위한 것으로서, 이하에서는 각 안테나 단마다 독립적인 발진기를 사용하는 시스템에 대해 우선적으로 설명한다.

[0022] 독립적인 발진기를 가지는 2x2 다중입출력 시스템에서 위상잡음의 영향을 수식적으로 표현하면 다음과 같다.

수학식 1

$$x_i[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} s_i[k] e^{j2\pi kn}$$

수학식 2

$$y_j[n] = \sum_{i=1}^{N_t} x_i[n] e^{j\theta_i[n]} \otimes h_{ij}[n] e^{j\psi_j[n]} + w_j[n]$$

[0025] 여기서, $x_i[n]$ 는 i번째 송신단 안테나에서 송신하는 신호이고, $s_i[k]$ 는 주파수 측면에서 송신하는 데이터 심볼이고, N은 OFDM에서 FFT 사이즈이다.

[0026] 또한, $y_j[n]$ 는 시간측면에서 j번째 수신단 안테나에서 수신한 신호이고, θ_i, φ_j 는 i번째 송신단 안테나

과 j번째 수신단 안테나에서의 위상잡음, w_j 는 j번째 수신단에서 가우시안 잡음, $\otimes$ 는 순환 컨볼루션을 의미한다.

[0027] h_{ij} 는 i번째 송신단 안테나와 j번째 수신단 안테나 사이의 채널, N_t, N_r 는 각각 송신단과 수신단의 안테나 숫자를 의미한다.

[0028] 위상잡음을 주파수 측면에서 보면 다음과 같다.

수학식 3

$$\theta_i[k] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} e^{j\vartheta_i[n]} e^{-j2\pi nk}, \phi_j[k] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} e^{j\varphi_j[n]} e^{-j2\pi nk}$$

수학식 4

$$Y_j[k] = \sum_{i=1}^{N_t} s_i[k] \otimes \theta_i[k] H_{ij}[k] \otimes \phi_j[k] + W_j[k]$$

대문자로 표현된 문자는 각 신호의 주파수 측면에서 표현을 의미한다.

또한, W_j 는 주파수 측면에서 j번째 수신단의 가우시안 노이즈이다.

상기한 수학식을 다중 입출력 시스템을 고려하여 행렬 형태로 표현하면 다음과 같다.

수학식 5

$$Y_k = \begin{pmatrix} Y_1[k] \\ Y_2[k] \\ \vdots \\ Y_{N_r}[k] \end{pmatrix}, S_m = \begin{pmatrix} s_1[m] \\ s_2[m] \\ \vdots \\ s_{N_t}[m] \end{pmatrix}, \Phi_k = \begin{pmatrix} \phi_1[k] & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \phi_2[k] & 0 & \vdots \\ \vdots & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \phi_{N_r}[k] \end{pmatrix}$$

수학식 6

$$\Theta_k = \begin{pmatrix} \theta_1[k] & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \theta_2[k] & 0 & \vdots \\ \vdots & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \theta_{N_t}[k] \end{pmatrix}, H_k = \begin{pmatrix} H_{11}[k] & H_{12}[k] & \cdots & H_{1N_t}[k] \\ H_{21}[k] & H_{22}[k] & \cdots & H_{2N_t}[k] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ H_{N_r1}[k] & H_{N_r2}[k] & \cdots & H_{N_rN_t}[k] \end{pmatrix}$$

수학식 7

$$Y_k = \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{N-1} \Phi_{k-n} H_n \Theta_{n-m} S_m + W_k$$

$$W_k = \begin{pmatrix} W_1[k] \\ W_2[k] \\ \vdots \\ W_{N_r}[k] \end{pmatrix}$$

여기서, 는 주파수 가우시안 노이즈의 $N_r \times 1$ 벡터이다.

수학식 7에서 공통위상오차인 Φ_0, Θ_0 을 분리하면 다음과 같다.

수학식 8

$$Y_k = \Phi_0 H_k \Theta_0 S_k + \sum_{n=0, n \neq k}^{N-1} \Phi_{k-n} H_n \Theta_{n-k} S_k + \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0, m \neq k}^{N-1} \Phi_{k-n} H_n \Theta_{n-m} S_m + W_k$$

수학식 8에서 첫 번째 항이 공통위상오차를 의미하고, 공통위상오차는 서브 캐리어를 나타내는 k 인덱스에 관계 없이 모든 서브 캐리어에서 동일하게 나타난다.

공통위상오차를 제외한 나머지 항들은 인접캐리어간 간섭과 가우시안 노이즈를 의미하는데, 이들은 공통위상오차에 비하면 매우 미미하므로 노이즈로 간주하고 공통위상오차를 예측한다.

수학식 9

$$Y_k = \Phi_0^d H_k \Theta_0^d S_k + W_k' = \Phi_0^d H_k S_k^d \Theta_0 + W_k' \approx p[k] * \Phi_0^d H_k \Theta_0$$

여기서, d 인덱스는 대각행렬을 의미하며, 벡터 위의 붙었을 경우 벡터를 대각행렬로 바꿔주는 함수역할을 한다.

수학식 9에서, 공통위상오차를 제외한 나머지 항은 무시하고, 또한 파일럿인 p[k]는 모든 송신단에서 같기 때문

에 $S_k = p[k]I$ 와 같이 표현할 수 있어 수학식 10과 같이 쓸 수 있다.

여기서, $p[k]$ 는 파일럿 심볼을 의미한다.

수학식 10

$$Y_k^H Y_k = p[k]^2 (\Phi_k^d H_k \Theta_0)^H \Phi_k^d H_k \Theta_0 = p[k]^2 \Theta_0^H H_k^H (\Phi_0^d)^H \Phi_0^d H_k \Theta_0 = p[k]^2 \Theta_0^H H_k^H H_k \Theta_0$$

여기서, 행렬 상단의 d는 대각행렬을 의미하며, H는 Hermitian matrix를 의미한다.

$Y_k^H Y_k$ 를 정리하면 수학식 11과 같은 식을 얻을 수 있다. 이때, 양변을 $p[k]^2$ 으로 나누어주고, Θ_0 을 곱해주면 Eigenvalue-vector 형태로 나타낼 수 있다.

수학식 11

$$\frac{Y_k^H Y_k}{p[k]^2} \ominus_0 = \ominus_0 \ominus_0^H \ominus_0^H H_k^H H_k \ominus_0, \quad \frac{Y_k^H Y_k}{p[k]^2} = \lambda$$

수학식 12

$$\det(\ominus_0 \ominus_0^H \ominus_0^H H_k^H H_k - \lambda I) = 0$$

2x2 다중 입출력 시스템의 경우, 수학식 12를 정리하면 아래와 같이 구할 수 있다.

수학식 13

$$\theta_1[0] \theta_2^*[0] = \exp(\cos^{-1}((\lambda - H_{11}[k] - H_{22}[k])/2 |H_{21}[k]|) - \angle H_{21}[k])$$

여기서, $||$ 는 복소수의 크기를 의미하며, $\angle$ 는 복소수의 위상을 의미한다.

수학식 13에서 구한 $\theta_1[0] \theta_2^*[0]$ 을 $Y_k Y_k^H$ 에 대입하면 $\phi_1[0] \phi_2^*[0]$ 를 구할 수 있다.

수학식 14

$$\phi_1[0] \phi_2^*[0] = (H_{12}^* \theta_1^*[0] \theta_2[0] + H_{11})(H_{21}^* + H_{22}^* \theta_1[0] \theta_2^*[0])$$

수학식 9에서 구해야 하는 2x2 다중 입출력 시스템에서 구해야 할 공통위상오차 정보는 다음과 같이 정의할 수 있다.

수학식 15

$$\begin{aligned} \Phi_0^d H_k \ominus_0^d &= \begin{pmatrix} \phi_1[0] & 0 \\ 0 & \phi_2[0] \end{pmatrix} \begin{pmatrix} H_{11}[k] & H_{12}[k] \\ H_{21}[k] & H_{22}[k] \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \theta_1[0] & 0 \\ 0 & \theta_2[0] \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} \phi_1[0] \theta_1[0] H_{11}[k] & \phi_1[0] \theta_2[0] H_{12}[k] \\ \phi_2[0] \theta_1[0] H_{21}[k] & \phi_2[0] \theta_2[0] H_{22}[k] \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_{11} H_{11}[k] & \alpha_{12} H_{12}[k] \\ \alpha_{21} H_{21}[k] & \alpha_{22} H_{22}[k] \end{pmatrix} \end{aligned}$$

여기서, $\alpha_{11}, \alpha_{12}, \alpha_{21}, \alpha_{22}$ 를 구해야 각 서브캐리어의 위상오차를 보정해줄 수 있다.

이 값들은 앞서서 구한 $\theta_1[0] \theta_2^*[0]$ 와 $\phi_1[0] \phi_2^*[0]$ 를 이용하면 구할 수 있다.

수학식 16

$$\alpha_{22} = \frac{Y_2[k]}{p[k](\theta_1[0]\theta_2^*[0]H_{21} + H_{22})}$$

$$\alpha_{11} = \alpha_{22}\theta_1^*[0]\theta_2^*[0]\phi_1^*[0]\phi_2^*[0]$$

$$\alpha_{12} = \alpha_{22}\theta_1^*[0]\theta_2^*[0]$$

$$\alpha_{21} = \alpha_{22}\phi_1^*[0]\phi_2^*[0]$$

[0060]

[0061] 간단한 곱셈과 더하기, $\cos^{-1}$ 함수를 사용하여 각 파일럿의 서브캐리어마다 위의 동일한 과정을 사용하여

$\alpha_{11}, \alpha_{12}, \alpha_{21}, \alpha_{22}$ 를 구할 수 있다.

[0062] 성능을 개선하기 위해서는 많은 파일럿을 사용한 결과들의 평균으로 그 값을 추정해야 한다. 이에 상기한 방법을 샘플들의 평균을 통해 추정하는 샘플 평균(Sample Mean)이라 정의한다.

[0063] 도 3은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 2x2 다중 입출력 시스템의 구성을 도시한 도면이다.

[0064] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 2x2 다중 입출력 시스템은 직/병렬 변환기(300-1, 300-2), 직병렬된 신호에 CP(Cyclic Prefix)를 추가하고 역푸리에 변환을 수행하는 CP 추가 및 IFFT 블록(302), CP 추가 및 IFFT 블록(302)에서 출력되는 신호를 채널링하여 출력하는 채널부(304), 채널부(304)로부터 출력되는 신호로부터 CP를 제거하고 푸리에 변환을 수행하는 CP 제거 및 FFT 블록(306) 및 위상잡음 제거 블록(308)을 포함할 수 있다.

[0065] 본 실시예에 따른 위상잡음 제거 블록(308)은 채널 부가잡음과 위상잡음이 부가된 OFDM 신호로부터 채널(채널 행렬)을 추정하는 채널 추정기(310), 공통위상오차 추정기(312), 샘플 평균 계산기(314) 및 간섭 제거기(316)를 포함할 수 있다.

[0066] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 위상잡음 제거 블록(308)의 공통위상오차 추정기(312)는 각 안테나에서 수신된 파일럿별로 상기한 수학식에 따라 공통위상오차를 추정하고, 샘플 평균 계산기(314)는 파일럿별 공통위상오차에 대한 샘플 평균을 계산한다.

[0067] 도 4는 본 실시예에 따른 공통위상오차 추정기(312)에서 수행되는 과정을 도시한 도면이다.

[0068] 도 4를 참조하면, 각 안테나 단마다 독립적인 발진기를 사용하는 2X2 다중 입출력 시스템에서 위상잡음을 제거하기 위해, 공통위상오차 추정기(312)는 송신단의 제1 안테나 단의 공통위상오차 및 제2 안테나 단의 공통위상오차를 포함하는 송신 공통위상오차를 계산한다(단계 400).

[0069] 여기서, 송신단의 제1 안테나 단의 공통위상오차는 $\theta_1[0]$ 이며, 제2 안테나 단의 공통위상오차는 $\theta_2^*[0]$ 이고, 송신 공통위상오차는 $\theta_1[0]\theta_2^*[0]$ 와 같이 송신단의 제1 안테나 단의 공통위상오차와 송신단의 제2 안테나 단의 공통위상오차의 곱으로 정의된다.

[0070] 또한, 송신 공통위상오차 $\theta_1[0]\theta_2^*[0]$ 는 상기한 수학식 13과 같이 표현된다.

[0071] 다음으로, 공통위상오차 추정기(312)는 수신단의 제1 안테나 단의 공통위상오차 및 제2 안테나 단의 공통위상오차를 포함하는 수신 공통위상오차를 포함하는 수신 공통위상오차를 계산한다(단계 402).

[0072] 여기서, 수신단의 제1 안테나 단의 공통위상오차는 $\phi_1[0]$ 이며, 제2 안테나 단의 공통위상오차는 $\phi_2^*[0]$ 이고, 수신 공통위상오차는 $\phi_1[0]\phi_2^*[0]$ 로 정의된다.

[0073] 상기한 바와 같이, 수신 공통위상오차는 수신단의 제1 안테나 단의 공통위상오차와 송신단의 제2 안테나 단의 공통위상오차의 곱으로 정의된다.

[0074] 또한, 본 실시예에 따른 수신 공통위상오차는 상기한 수학식 14와 같이 표현된다.

[0075] 마지막으로, 공통위상오차 추정기(312)는 상기한 송신 공통위상오차, 상기 수신 공통위상오차, 수신 신호 및 채널 행렬을 이용하여 송신단 및 수신단의 각 안테나의 조합에 관한 조합 공통위상오차를 계산한다(단계 404).

[0076] 여기서, 조합 공통위상오차는 상기한 수학식 15 내지 16과 같이, $\alpha_{11}, \alpha_{12}, \alpha_{21}, \alpha_{22}$ 이며, α_{11} 는 송신단의 제1 안테나 단과, 수신단의 제1 안테나 단의 공통위상오차의 곱이고, α_{12} 는 송신단의 제1 안테나 단과, 수신단의 제2 안테나 단의 공통위상오차의 곱이고, α_{21} 는 송신단의 제2 안테나 단과, 수신단의 제1 안테나 단의 공통위상오차의 곱이고, α_{22} 는 송신단의 제2 안테나 단과, 수신단의 제2 안테나 단의 공통위상오차의 곱으로 표현된다.

[0077] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 각 파일럿의 서브캐리어마다 상기한 조합 공통위상오차가 계산되고, 각 파일럿에 대한 샘플 평균을 계산하여 각 파일럿의 서브캐리어에서의 위상오차를 보정한다.

[0078] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 2×2 다중 입출력 시스템에서 파일럿 개수에 따른 BER 성능을 나타낸 도면이다.

[0079] 도 5에 도시된 바와 같이, 종래의 Least Square 방식에 비해, 본 실시예에 따른 방식을 이용하는 경우, 파일럿 개수가 적더라도 우수한 BER을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

[0080] 한편, 전술된 실시예의 구성 요소는 프로세스적인 관점에서 용이하게 파악될 수 있다. 즉, 각각의 구성 요소는 각각의 프로세스로 파악될 수 있다. 또한 전술된 실시예의 프로세스는 장치의 구성 요소 관점에서 용이하게 파악될 수 있다.

[0081] 또한 앞서 설명한 기술적 내용들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예들을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 하드웨어 장치는 실시예들의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

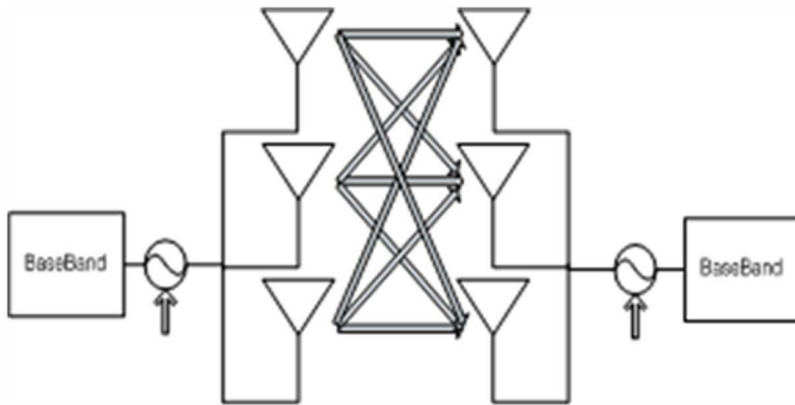
산업상 이용가능성

[0082] 상기한 본 발명의 실시예는 예시의 목적을 위해 개시된 것이고, 본 발명에 대한 통상의 지식을 가지는 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하

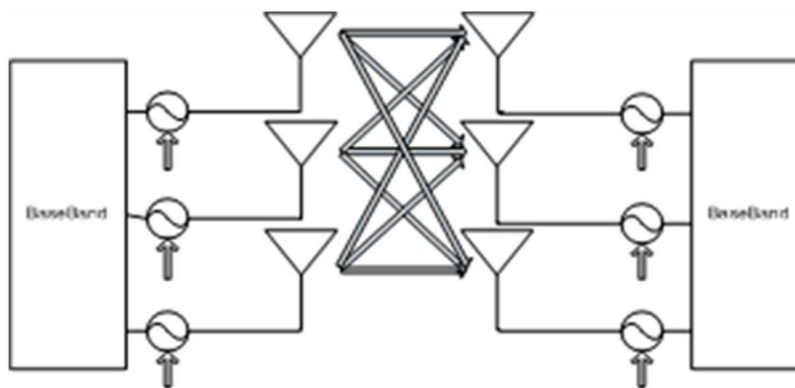
기의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

도면

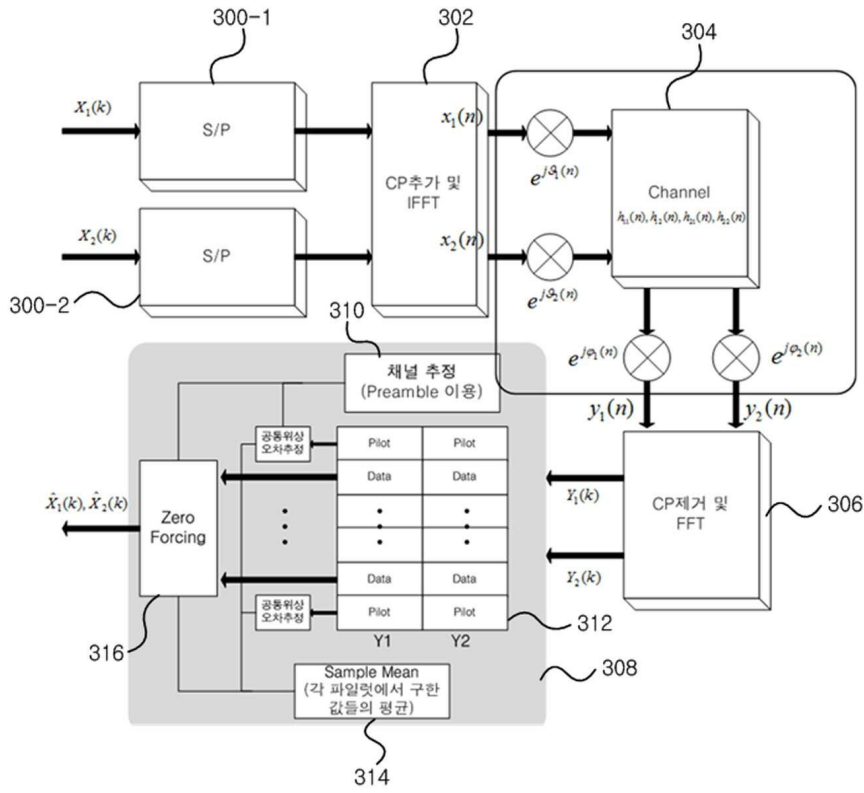
도면1



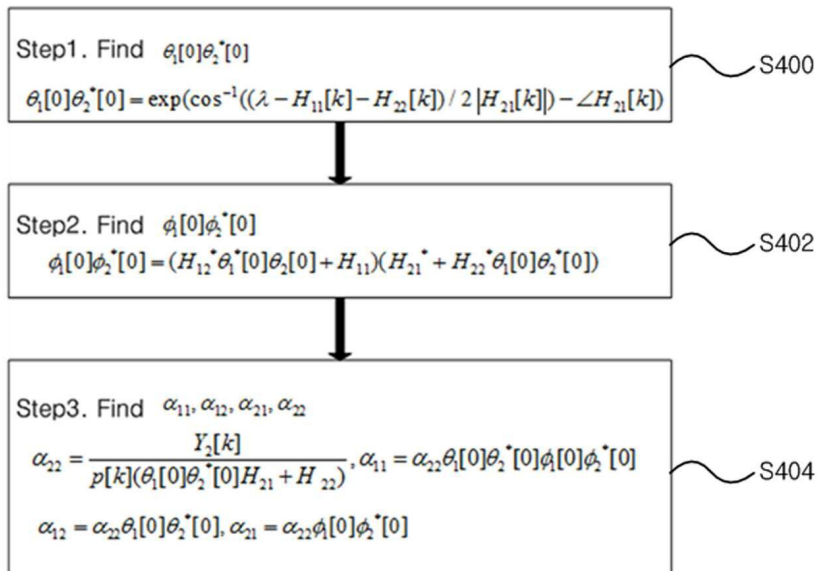
도면2



도면3



도면4



도면5

