



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0059787
(43) 공개일자 2013년06월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 27/26 (2006.01) H04B 7/02 (2006.01)
H04B 1/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0125957
(22) 출원일자 2011년11월29일
심사청구일자 2011년11월29일
(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
유영환
서울특별시 송파구 가락2동 래미안 파크팰리스아파트 105동 302호
신원재
인천광역시 계양구 경명대로1029번길 5-9 (계산동)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 8 항

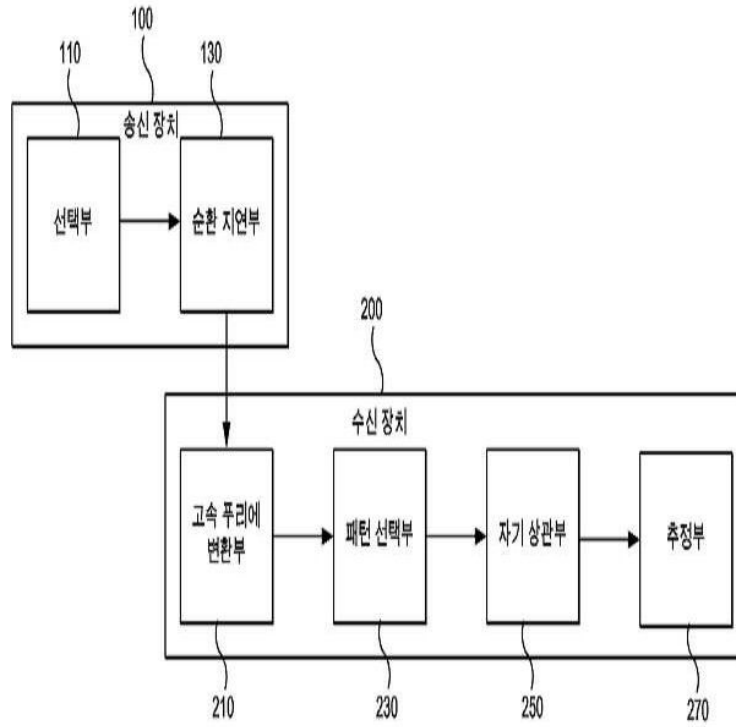
(54) 발명의 명칭 직교 주파수 분할 다중 변조 방식 통신 시스템의 순환 지연 다이버시티 기법을 이용하는 송신기 및 잔여 주파수 오차를 추정하는 수신기

(57) 요약

본 발명은 순환 지연 다이버시티(CDD : Cyclic Delay Diversity) 기법이 적용된 직교 주파수 분할 다중 변조(OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식 통신 시스템의 송신기 및 수신기에 관한 것으로, 이때 수신기는 순환 지연된 수신 신호를 푸리에 변환(FFT)하는 고속 푸리에 변환부; 상기 고속 푸리에 변환부에서 처리된 파일럿 부반송파를 이용하여 채널 전달 함수의 크기가 가장 큰 파일럿 부반송파 패턴을 추정하는 패턴 선택부; 및 추정된 파일럿 부반송파 패턴 및 상기 수신 신호의 순환 지연 값을 토대로 자기 상관을 통해 산출된 상관값에서 회전된 위상 값을 계산하여 잔여 주파수 오프셋을 추정하는 추정부를 포함한다. 그리고 상기 순환 지연 값은 서로 다른 송신 안테나 간의 상기 순환 지연 값에 따라 채널 전달 함수(Channel Transfer Function, CTF)가 서로 다른 크기를 갖게 한다.

이와 같이 본 발명에 따르면, CDD 기법을 적용할 때, CDD 기법을 적용할 때, 발생하는 채널의 주파수 선택적 특성에 의한 잔여 주파수 오프셋 추정의 성능 열화를 개선할 수 있다.

대표도



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10039196

부처명 지식경제부

연구사업명 산업융합원천기술개발사업

연구과제명 전 세계 라디오 수신기술 및 스마트 기기 연동을 위한 스마트 플랫폼 개발

주관기관 세종대학교 산학협력단

연구기간 2011.05.01 ~ 2012.02.29

특허청구의 범위

청구항 1

직교 주파수 분할 다중 변조 방식 통신 시스템의 송신기에 있어서,

서로 다른 송신 안테나 간의 순환 지연 값에 따라 채널 전달 함수(Channel Transfer Function, CTF)가 서로 다른 크기를 갖게 하는 상기 순환 지연 값을 선택하는 선택부; 및

상기 순환 지연 값에 따라 순환 지연된 연속되는 직교 주파수 분할 다중 변조 신호를 생성하는 순환 지연부를 포함하는 순환 지연 다이버시티 기법을 이용하는 송신기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 선택부는,

2번째 전송 안테나의 순환 지연 값에 따라 합성된 채널 전달 함수가 최대 크기를 갖도록 상기 순환 지연 값을 선택하는 순환 지연 다이버시티 기법을 이용하는 송신기.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 선택부는,

하기 수학식을 통해 순환 지연 값($\hat{\delta}_1$)을 선택하는 순환 지연 다이버시티 기법을 이용하는 송신기:

$$\hat{\delta}_1 = \left\langle \frac{N \cdot i}{D_f} \right\rangle, \quad i = 1, 2, \dots, D_f - 1$$

여기서, N은 FFT 크기이고, D_f 는 주파수축에서 계인 레퍼런스 셀 패턴의 주기성을 의미한다.

청구항 4

직교 주파수 분할 다중 변조 방식 통신 시스템의 수신기에 있어서,

순환 지연된 수신 신호를 푸리에 변환(FFT)하는 고속 푸리에 변환부;

상기 고속 푸리에 변환부에서 처리된 파일럿 부반송파를 이용하여 채널 전달 함수의 크기가 가장 큰 파일럿 부반송파 패턴을 추정하는 패턴 선택부; 및

추정된 파일럿 부반송파 패턴 및 상기 수신 신호의 순환 지연 값을 토대로 자기 상관을 통해 산출된 상관값에서 회전된 위상 값을 계산하여 잔여 주파수 오프셋을 추정하는 추정부를 포함하고,

상기 순환 지연 값은 서로 다른 송신 안테나 간의 상기 순환 지연 값에 따라 채널 전달 함수(Channel Transfer Function, CTF)가 서로 다른 크기를 갖게 하는 잔여 주파수 오차를 추정하는 수신기.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 패턴 선택부는,

상기 순환 지연 값을 이용하여 채널 전달 함수의 크기가 가장 큰 계인 레퍼런스 셀 패턴을 추정하고,

상기 추정부는,

네 개의 심벌마다 반복되는 계인 레퍼런스 셀 패턴 중에 상기 채널 전달 함수의 크기가 가장 큰 심벌에서만 잔여 주파수 오프셋을 추정하는 잔여 주파수 오차를 추정하는 수신기.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 추정부는,

두번째 안테나의 순환 지연 값, 파일럿 부반송파의 계인 레퍼런스 셀 패턴의 개수, 시간 영역에서의 계인 레퍼런스 셀 패턴의 주기 및 상기 파일럿 부반송파의 개수에 의해 결정되는 상기 채널 전달 함수의 크기가 가장 큰 계인 레퍼런스 셀 패턴을 추정하는 잔여 주파수 오차를 추정하는 수신기.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 패턴 선택부는,

하기 수학식을 이용하여 상기 계인 레퍼런스 셀 패턴($\hat{l}$)을 선택하는 잔여 주파수 오차를 추정하는 수신기:

$$\hat{l} = \underset{l}{\operatorname{argmax}} \left\{ \sum_{k \in S_p} |H_{(l)_4}(k)|^2 \right\}$$

여기서, $H_{(l)_4}(k)$ 는 1번째 심벌의 k번째 부반송파의 채널 전달 함수를 나타낸다.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 추정부는,

하기 수학식을 통해 잔여 주파수 오프셋($\hat{\Delta}_r$)을 추정하는 잔여 주파수 오차를 추정하는 수신기:

$$\hat{\Delta}_r = \frac{1}{2\pi\rho D_t} \arg \left\{ \sum_{k \in S_p} A_{\hat{l}} \right\}$$

여기서, $\rho = (N + N_g)/N$ 이고, N_g 는 보호구간의 길이이고, N 은 부반송파의 개수이며, D_t 는 시간 영역에서의 GRC 패턴의 주기를 나타낸다.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 직교 주파수 분할 다중 변조 방식 통신 시스템의 송신기 및 수신기에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 순환 지연 다이버시티(CDD, Cyclic Delay Diversity) 기법이 적용된 직교 주파수 분할 다중 변조(OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기반의 DRM+(Digital Radio Mondiale plus) 시스템에서 잔여 주파수 오프셋(Residual Frequency Offset, RFO)을 추정하는 기술이다.

배경기술

[0002] DRM(Digital Radio Mondiale)을 포함한 여러 무선 방송 시스템에서는 초고속 데이터 전송을 위해 전체의 채널을 여러 개의 직교하는 부채널로 나누어 병렬 전송하는 직교 주파수 분할 다중 변조(OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식이 주로 사용된다.

[0003] 이때, 순환 지연 다이버시티(CDD, Cyclic Delay Diversity) 기법은 시간축의 OFDM 심벌에서 신호 처리가 이루어 지므로 현재 상용화된 방송 시스템의 물리 계층의 변화 없이 적용할 수 있다는 장점이 있다.

[0004] 하지만, CDD 기법으로 인한 채널의 주파수 선택적 특성의 영향은 OFDM의 큰 취약점인 잔여 주파수 오프셋(Residual Frequency Offset, RFO)의 추정 성능 저하를 초래한다.

[0005] 즉 CDD 기법은 시간축에서 순환 지연된 전송 데이터가 고속 푸리에 변환(FFT, Fast Fourier Transform) 연산으로 인해 주파수 축에서 위상 천이로 변환되기 때문에 FFT 이후에 수행되는 잔여 주파수 오프셋의 추정의 심각한 성능 저하를 야기시킨다.

[0006] 본 발명의 배경이 되는 기술은 대한민국 등록특허공보 제10-0890182호에 기재되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 순환 지연 다이버시티(CDD, Cyclic Delay Diversity) 기법이 적용된 직교 주파수 분할 다중 변조(OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기반의 DRM+(Digital Radio Mondiale plus) 시스템에서 최적의 순환 지연 값과 파일럿 부반송파 패턴을 선택하여 잔여 주파수 오프셋을 추정하는 직교 주파수 분할 다중 변조 방식 통신 시스템의 송신기 및 수신기를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 직교 주파수 분할 다중 변조 방식 통신 시스템의 송신기는, 서로 다른 송신 안테나 간의 순환 지연 값에 따라 채널 전달 함수(Channel Transfer Function, CTF)가 서로 다른 크기를 갖게 하는 상기 순환 지연 값을 선택하는 선택부; 및 상기 순환 지연 값에 따라 순환 지연된 연속되는 직교 주파수 분할 다중 변조 신호를 생성하는 순환 지연부를 포함한다.

[0009] 이때, 상기 선택부는, 2번째 전송 안테나의 순환 지연 값에 따라 합성된 채널 전달 함수가 최대 크기를 갖도록 상기 순환 지연 값을 선택할 수 있다.

[0010] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 직교 주파수 분할 다중 변조 방식 통신 시스템의 수신기는, 순환 지연된 수신 신호를 푸리에 변환(FFT)하는 고속 푸리에 변환부; 상기 고속 푸리에 변환부에서 처리된 파일럿 부반송파를 이용하여 채널 전달 함수의 크기가 가장 큰 파일럿 부반송파 패턴을 추정하는 패턴 선택부; 및 추정된 파일럿 부반송파 패턴 및 상기 수신 신호의 순환 지연 값을 토대로 자기 상관관을 통해 산출된 상관값에서 회전된 위상 값을 계산하여 잔여 주파수 오프셋을 추정하는 추정부를 포함하고,

[0011] 상기 순환 지연 값은 서로 다른 송신 안테나 간의 상기 순환 지연 값에 따라 채널 전달 함수(Channel Transfer Function, CTF)가 서로 다른 크기를 갖게 한다.

[0012] 이때, 상기 패턴 선택부는, 상기 순환 지연 값을 이용하여 채널 전달 함수의 크기가 가장 큰 계인 레퍼런스 셀 패턴을 추정하고, 상기 추정부는, 네 개의 심벌마다 반복되는 계인 레퍼런스 셀 패턴 중에 상기 채널 전달 함수의 크기가 가장 큰 심벌에서만 잔여 주파수 오프셋을 추정한다.

[0013] 또한, 상기 추정부는, 두번째 안테나의 순환 지연 값, 파일럿 부반송파의 계인 레퍼런스 셀 패턴의 개수, 시간 영역에서의 계인 레퍼런스 셀 패턴의 주기 및 상기 파일럿 부반송파의 개수에 의해 결정되는 상기 채널 전달 함수의 크기가 가장 큰 계인 레퍼런스 셀 패턴을 추정할 수 있다.

발명의 효과

[0014] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따르면, 최적의 순환 지연 값과 파일럿 부반송파 패턴을 선택하여 잔여 주파수 오프셋을 추정하여 종래의 OFDM 시스템에서 CDD 기법을 적용할 때, 발생하는 채널의 주파수 선택적 특성에 의한 잔여 주파수 오프셋 추정의 성능 열화를 개선할 수 있다.

[0015] 특히, 첫번째 전송 안테나에서는 순환 지연이 없고 인접 안테나들 간에는 순환 지연 차이의 조건을 만족하는 순환 지연이 존재한다고 할 때 각 파일럿 부반송파 패턴마다 채널 전달 함수의 크기가 다른 값을 갖도록 하는 최적의 순환 지연 값을 찾고, 채널 전달 함수의 크기가 가장 큰 파일럿 부반송파 패턴을 선택하여 잔여 주파수 오프셋을 추정함으로써 종래 기술보다 더 정확하게 잔여 주파수 오프셋을 추정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 직교 주파수 분할 다중 변조 방식 통신 시스템의 구성을 나타낸 블록도, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 직교 주파수 분할 다중 변조 방식 통신 시스템의 잔여 주파수 오프셋(Residual

Frequency Offset, RFO)을 추정하는 방법을 나타낸 흐름도,

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 직교 주파수 분할 다중 변조 방식 통신 시스템에서 이동체 속도 와 SNR 인 Urban 채널 환경에서 종래의 방법 및 본 발명의 실시예에 따른 잔여 주파수 오프셋 추정 방법의 MSE 성능을 나타내고,

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 직교 주파수 분할 다중 변조 방식 통신 시스템에서 Urban 채널 환경에서 다양한 이동체 속도에 따른 종래의 방법 및 본 발명의 실시예에 따른 잔여 주파수 오프셋 추정 방법의 MSE 성능을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다. 사용되는 용어들은 실시예에서의 기능을 고려하여 선택된 용어들로서, 그 용어의 의미는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 후술하는 실시예들에서 사용된 용어의 의미는, 본 명세서에 구체적으로 정의된 경우에는 그 정의에 따르며, 구체적인 정의가 없는 경우는 당업자들이 일반적으로 인식하는 의미로 해석되어야 할 것이다.
- [0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 직교 주파수 분할 다중 변조(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 이하, 'OFDM'으로 통칭함) 방식 통신 시스템의 구성을 나타낸 블록도, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 직교 주파수 분할 다중 변조 방식 통신 시스템의 잔여 주파수 오프셋(Residual Frequency Offset, RFO)을 추정하는 방법을 나타낸 흐름도이다.
- [0019] 여기서, OFDM 방식 통신 시스템은 N_t 개의 전송 안테나 및 단일 수신 안테나를 가지는 순환 지연 다이버시티(Cyclic Delay Diversity, CDD) 기법이 적용된 DRM+(Digital Radio Mondiale plus) 시스템이다.
- [0020] 도 1을 참조하면, OFDM 방식 통신 시스템은 송신기(100) 및 수신기(200)를 포함한다.
- [0021] 여기서, 송신기(100)는 선택부(110) 및 순환 지연부(130)를 포함하며, 각 구성요소는 다음과 같다.
- [0022] 선택부(110)는 복수의 전송 안테나간의 순환 지연 값에 따라 채널 전달 함수(CTF, Channel Transfer Function)가 각기 다른 크기 값을 갖도록 최적의 순환 지연 값을 선택한다.
- [0023] 이때, 복수의 전송 안테나 중에서 2번째 전송 안테나의 순환 지연 값 선택에 따라 합성된 채널 전달 함수(CTF)가 최대 크기를 갖도록 최적의 순환 지연값을 계산한다.
- [0024] 순환 지연부(130)는 선택부(110)가 선택한 순환 지연 값에 따라 순환 지연을 수행하여 연속되는 OFDM 신호를 생성한다.
- [0025] 또한, 수신기(200)는 고속 푸리에 변환부(210), 패턴 선택부(230), 자기 상관부(250) 및 추정부(270)를 포함하며, 각 구성 요소는 다음과 같다.
- [0026] 고속 푸리에 변환부(210)는 송신기(100)가 전송한 순환 지연된 수신 신호를 시간 축에서 주파수 축으로 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)하여 복조한다.
- [0027] 패턴 선택부(230)는 고속 푸리에 변환부(210)에서 처리된 파일럿 부반송파들을 이용하여 채널 전달 함수(CTF)가 가장 큰 게인 레퍼런스 셀(Gain Reference Cell, GRC)의 위치를 추정한다. 즉 고속 푸리에 변환부(210)에 의해 주파수축으로 변환된 신호를 선택부(110)가 선택한 순환 지연 값을 이용하여 채널 전달 함수(CTF)의 크기가 가장 큰 게인 레퍼런스 셀(GRC) 패턴을 선택한다.
- [0028] 자기 상관부(250)는 선택된 순환 지연과 게인 레퍼런스 셀(GRC) 패턴을 기반으로 자신의 신호를 이용하여 자기 상관 값을 산출한다.
- [0029] 추정부(270)는 자기 상관부(250)가 산출한 자기 상관 값이 회전된 위상 값들을 계산하여 잔여 주파수 오프셋(RFO)을 추정한다.
- [0030] 지금까지 설명한OFDM 방식 통신 시스템의 송신기(100) 및 수신기(200)의 동작은 다음과 같다.
- [0031] 도 2를 참조하면, 송신기(100)의 선택부(110)는 순환 지연 다이버시티(CDD) 기법이 적용된 전송 안테나간의 최적의 순환 지연을 설계하는데, 복수의 전송 안테나간의 순환 지연 값에 따라 채널 전달 함수(CTF, Channel

Transfer Function)가 각기 다른 크기 값을 갖도록 최적의 순환 지연 값을 선택한다(S101).

[0032] 다음, 송신기(100)의 순환 지연부(130)는 S101 단계에서 선택된 순환 지연 값을 토대로 순환 지연을 수행하여 연속되는 OFDM 신호를 생성한다(S103).

[0033] 다음, 수신기(200)의 고속 푸리에 변환부(210)는 송신기(100)에서 수신받은 신호를 시간 축에서 주파수 축으로 FFT 복조를 수행한다(S105).

[0034] 다음, 수신기(200)의 패턴 선택부(230)는 주파수축으로 변환된 신호를 S101 단계에서 선택한 순환 지연 값을 이용하여 채널 전달 함수(CTF)의 크기가 가장 큰 값을 갖는 계인 레퍼런스 셀(GFC) 패턴을 추정한다(S107).

[0035] 이러한 수신된 신호에 삽입되어 있는 GRC 파일럿 부반송파들은 송신기(100)에서 순환 지연된 연속되는 OFDM 신호를 통해 생성된다.

[0036] 다음, 수신기(200)의 추정부(250)는 패턴 선택부(230)가 선택한 네 개의 심벌마다 반복되는 계인 레퍼런스 셀(GFC) 패턴 중에 채널 전달 함수(CTF)의 크기가 가장 큰 심벌에서만 잔여 주파수 오프셋을 추정한다(S109).

[0037] 이러한 잔여 주파수 오프셋을 추정하기까지의 과정을 수학적식을 통해 보다 자세히 설명하기로 한다.

[0038] 먼저, 송신기(100)는 N_T 개의 전송 안테나와 단일 수신 안테나를 가지는 CDD 기법이 적용된 OFDM 기반의 DRM+ 시스템에 적용된다. 그리고 송신기(100)는 N 개의 부반송파와 N_g 의 보호구간 크기를 가지는 OFDM신호를 역 고속 푸리에 변환(Inverse Fast Fourier Transform: IFFT)에 의해 발생시킨다.

[0039] 이때, OFDM 심벌은 역 고속 푸리에 변환(Inverse Fast Fourier Transform, IFFT) 이후에 각각의 전송 안테나에서 δ_t 만큼의 순환 지연을 수행하여 전송하고, OFDM 심벌은 $N_s = N + N_g$ 의 길이를 가진다.

[0040] CDD 기법이 적용된 OFDM 기반의 DRM+ 시스템에서 t 번째 전송 안테나의 1번째 OFDM 심벌은 다음과 같이 표현할 수 있다.

수학식 1

$$x_{l,t}(n) = \frac{1}{\sqrt{N_T}} x_l(n - \delta_t)_N, \quad t = 1, 2, \dots, N_T$$

[0042] 여기서, N 은 FFT의 크기, $(\cdot)_N$ 은 모듈로 N 연산, N_T 는 전송 안테나의 수, δ_t 는 t 번째 안테나에서의 순환 지연 값이다.

[0043] 이때, 인접한 전송 안테나 사이의 최대 순환 지연은 다음 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

$$\delta_{t+1} = N/N_T + \delta_t, \quad t = 0, 1, \dots, N_T - 1$$

[0045] 수신 신호 $R_l(k)$ 의 시간 오차는 완벽히 추정되고 보상되었다고 가정하였을 때, FFT 이후의 미세한 잔여 주파수 오차를 고려한 1 번째 심벌의 k 번째 부반송파 신호 $R_l(k)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$k = 2 + \frac{D_f(s \bmod D_t)}{D_t} + pD_f, \quad 0 \leq s \leq N_s - 1$$

[0046]

[0047] 여기서, N_g 는 보호구간의 길이이며, $N_s = N + N_g$, Δ_c 는 부반송파 간격에 의해 정규화된 잔여 주파수 오프셋,

$W_l(k)$ 는 평균이 0이고 분산이 σ_G^2 인 복소 가산성 백색 가우시안 잡음(AWGN, Additive White Gaussian Noise)이다. 그러므로 동일한 채널 전달 함수

$$H_l(k) = (\sqrt{N_T})^{-1} \sum_{t=0}^{N_T-1} H_l^t(k) e^{j2\pi k \delta_t / N}$$

이고, $H_l^t(k)$ 는 t 번째 전송 안

테로부터 평균이 0이고 분산이 σ_G^2 인 주파수 채널 응답이다.

[0048] 또한, DRM+ 시스템에는 FRC(Frequency Reference Cell)이 존재하지 않는다. 그래서 수신기(200)의 자기 상관부(250)는 계인 레퍼런스 셀(GRC)을 이용한 상관 계산을 하는데, 다음 수학식 4로 나타낼 수 있다.

수학식 4

$$\begin{aligned} \Lambda_l &= \sum_{k \in S_p} R_l^*(k) R_{l+D_l}(k) \\ &\simeq \sum_{k \in S_p} E_s |H_l(k)|^2 e^{j2\pi k \Delta_c D_l \rho} + \widehat{W}_l(k) \end{aligned}$$

with

$$\begin{aligned} \widehat{W}_l(k) &= H_l^*(k) X_l^*(k) W_{l+D_l}(k) e^{-j2\pi k \Delta_c D_l (lN_s + N_g)/N} \\ &\quad + H_{l+D_l}(k) X_{l+D_l}(k) W_l^*(k) e^{j2\pi k \Delta_c D_l ((l+D_l)N_s + N_g)/N} \\ &\quad + W_l^*(k) W_{l+D_l}(k) \end{aligned}$$

[0049]

[0050] 여기서, D_l 는 시간 영역에서의 GRC 패턴의 주기, $\rho = (N + N_g)/N$, S_p 는 N_p 개의 파일럿을 가지는 GRC들의 집

합을 나타낸다. 이 때, $H_l(k) \approx H_{l+D_l}(k)$ 라고 가정하면, 수학식 4의 상관식을 근사화 할 수 있고, $\widehat{W}_l(k)$ 는 위의 수학식 4와 같이 나타낼 수 있다. 이러한 수학식 4를 사용하여 수신기(200)의 추정부(270)는 잔여 주파수 오프셋을 추정하며, 다음과 같이 표현할 수 있다.

수학식 5

$$\widehat{\Delta_r} = \frac{1}{2\pi \rho D_l} \arg \left\{ \sum_{k \in S_p} \Lambda_l \right\}$$

[0051]

[0052] 여기서, $\hat{\Delta}_r$ 은 추정된 잔여 주파수 오프셋이며, $\arg\{\cdot\}$ 는 복소수에서 각을 구하는 연산자이다. 채널이 항상 일정하거나 거의 변화가 없다는 가정 하에 수학적 4의 MSE (Mean Square Error)를 구하면 다음 수학적 6과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 6

[0053]
$$E|\varepsilon_d|^2 \approx 4\pi^2 D_t^2 \rho^2 N_p \bar{\gamma} \left(1 + \frac{1}{2\bar{\gamma}}\right)$$

[0054] 여기서, $\varepsilon_c = \hat{\Delta}_c - \Delta_c$ 와 $\bar{\gamma} = \sigma_H^2 E_s / \sigma_W^2$ 은 평균 SNR이다.

[0055] 이때, DRM+ 시스템에서 CDD 기법이 적용 되었을 때 잔여 주파수 오프셋의 추정 성능을 향상시키기 위하여 전송 안테나가 2개일 경우 첫 번째 전송 안테나에서는 순환 지연이 없다고 가정하고, 송신기(100)의 선택부(110)는 두번째 안테나에서의 순환 지연 δ_1 을 결정한다.

[0056] 채널 $\{H_l^t(k), t=0,1\}$ 은 주파수 비 선택적이라 가정하면서, 수학적 4에 나타난 채널 전달 함수(CTF)는 다음 수학적 7과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 7

[0057]
$$\sum_{k \in S_p} |H_l(k)|^2 = \frac{N_p}{2} \left(|H_l^0(k)|^2 + |H_l^1(k)|^2 \right) + S(N_p) \sqrt{A^2 + B^2} \cos(2\pi(k_1 + k_{N_p})\delta_1 / N + \theta)$$

[0058] 여기서, $A = H_l^{0,I}(k)H_l^{1,I}(k) + H_l^{0,Q}(k)H_l^{1,Q}(k)$, $B = -H_l^{0,I}(k)H_l^{1,Q}(k) - H_l^{0,Q}(k)H_l^{1,I}(k)$, $S(N_p) = \sin(\pi N_p D_f \delta_1 / N) \sin(\pi D_f \delta_1 / N)$, $\theta = \tan^{-1}(B/A)$, x^I , x^Q 는 각각 x의 실수부와 허수부를 나타낸다.

[0059] 이처럼, 수신 신호의 채널 크기는 두번째 안테나 δ_1 의 지연 값, 그리고 시스템 파라미터 N_p , D_f , N 에 의해 결정된다.

[0060] 만약, $\delta_0 = 0$, $\delta_1 = N/2$ 일 경우, 수학적 7에서 채널 전달 함수(CTF)는 모든 게인 레퍼런스 셀(GRC) 패턴에 대해 동일한 채널 크기를 갖게 된다.

[0061] 이때, 송신기(100)의 선택부(110)는 각각의 게인 레퍼런스 셀(GRC) 패턴에 대해 다른 채널 크기를 갖게 하기 위해 두번째 안테나에서의 순환 지연 δ_1 를 결정하며, 수학적 8을 통해 산출될 수 있다.

수학적 8

[0062]
$$\hat{\delta}_1 = \left\langle \frac{N \cdot i}{D_f} \right\rangle, \quad i = 1, 2, \dots, D_f - 1$$

[0063] 그리고 수신기(200)의 패턴 선택부(230)는 채널 전달 함수(CTF)가 최대 크기를 갖게 하는 게인 레퍼런스 셀(GRC) 패턴의 추정치($\hat{t}$)를 하기 수학적 9를 통해 도출한다.

수학식 9

$$\hat{l} = \underset{l}{\operatorname{argmax}} \left\{ \sum_{k \in S_p} |H_{(l)}(k)|^2 \right\}$$

[0064]

[0065] 수신기(200)의 패턴 선택부(230)가 수학식 9에서 계인 레퍼런스 셀(GRC) 패턴을 선택한 뒤 다음 수학식 10을 이용하여 수신기(200)의 추정부(270)가 잔여 주파수 오프셋($\hat{\Delta}_r$)을 산출한다.

수학식 10

$$\hat{\Delta}_r = \frac{1}{2\pi\rho D_t} \arg \left\{ \sum_{k \in S_p} A_{\hat{l}} \right\}$$

[0066]

[0067] 여기서, 수학식 7에서 $\sqrt{A^2+B^2}=|H_l^0(k)||H_l^1(k)|$ 이고, 순환 지연 값이 수학식 8에서 구한 정수 값 $\hat{\delta}_1$ 일 경우, $S(N_p) \approx N_p$ 이다. 이때, 수학식 8의 최대값을 갖는 채널 전달 함수(CTF)는 수학식 11과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 11

$$\widetilde{H}_i(k) = \sum_{k \in S_p} |H_i(k)|^2 \approx \frac{N_p}{2} \left\{ |H_i^0(k)| + |H_i^1(k)| \right\}^2$$

[0068]

[0069] 그러면, 수학식 4와 수학식 10을 토대로 최종적인 잔여 주파수 오프셋($A_{\hat{l}}$)이 수학식 12를 통해 도출된다.

수학식 12

$$A_{\hat{l}} \approx \frac{E_s N_p \widetilde{H}_{\hat{l}}(k)}{2} e^{j2\pi\Delta_c D_t \rho} + \sum_{k \in S_p} \widehat{W}_{\hat{l}}(k)$$

[0070]

[0071] 한편, 지금까지 설명한 내용을 시뮬레이션한 결과는 도 3 및 도 4와 같다.

[0072] 도3은 본 발명의 실시예에 따른 직교 주파수 분할 다중 변조 방식 통신 시스템에서 이동체 속도 v=0 km/h와 SNR=40 dB인 Urban 채널 환경에서 종래의 방법 및 본 발명의 제안하는 잔여 주파수 오프셋 추정 기법의 MSE 성능을 나타내고, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 직교 주파수 분할 다중 변조 방식 통신 시스템에서 Urban 채널 환경에서 다양한 이동체 속도에 따른 종래의 방법 및 본 발명의 제안하는 잔여 주파수 오프셋 추정 기법의 MSE 성능을 나타낸다.

[0073] 실제 구현을 위해 전송안테나 N_t=2이며, 각 안테나들의 채널들은 무상관하다고 가정한다.

[0074] DRM mode E 표준 규격을 따르는 N=214, N_g=24, N_p=14, D_f=16, D_t=4, Δ_c=0.01, BW(Bandwidth)=95kHz이며, 중심 주파수가 90MHz인 OFDM 시스템을 고려하였으며, Urban 채널 모델이 사용되었다.

[0075] 도 3을 참조하면, 이동체 속도 v=0 km/h와 SNR=40 dB인 Urban 채널 환경에서 종래의 방법 및 본 발명의 제안하는 잔여 주파수 오프셋 추정기법의 MSE 성능을 보여준다.

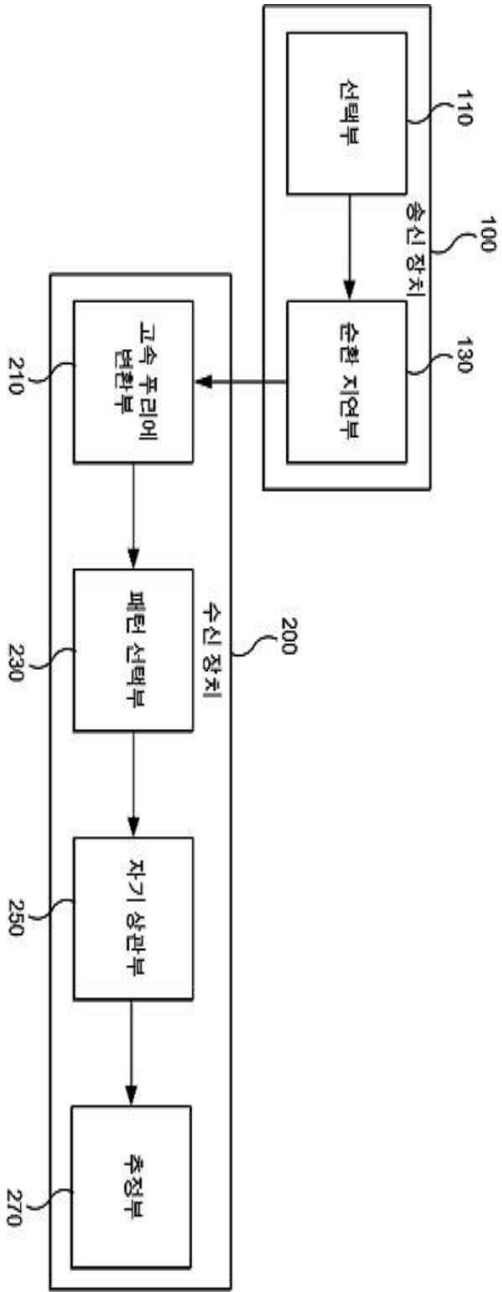
- [0076] 즉 수학식 8을 이용하여 얻은 순환 지연 값 $\delta_1 = \{13, 27, 40, 67, 80, 94, 120, 134, 147, 174, 187, 201\}$ 에서 낮은 MSE를 보여준다.
- [0077] 그러나 $\delta_1 = \{53, 107, 161\}$ 때와 같이, 매번 GRC 패턴들이 같은 채널 전달 함수의 크기를 가질 때, 큰 성능차이가 보이지 않을 것을 알 수 있다. 본 모의실험을 통하여 잔여 주파수 오프셋 추정기의 성능과 순환 지연 값의 설정 사이에는 어느 정도의 상충관계가 있다는 것을 확인하였다.
- [0078] 도 4를 참조하면, Urban 채널 환경에서 다양한 이동체 속도에 따른 종래의 방법 및 본 발명의 제안하는 잔여 주파수 오프셋 추정기법의 MSE 성능을 보여준다.
- [0079] 본 모의실험에서는 $v = 2, 20, 60$ km/h일 경우, 제안하는 잔여 주파수 오프셋 추정기의 성능이 종래의 방법보다 향상된 성능을 보임을 확인할 수 있다.
- [0080] 그러나, 이동체의 속력이 증가하면서 전체적으로 잔여 주파수 오프셋 추정기의 성능 저하가 일어나는 것을 볼 수 있다. 이는 채널의 시간 선택적 특성이 커지는 영향에 따른 것이다.
- [0081] 한편, 본 발명의 실시예들은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다.
- [0082] 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광 데이터 저장장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현하는 것을 포함한다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다. 그리고 본 발명을 구현하기 위한 기능적인 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 발명이 속하는 기술 분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있다.
- [0083] 이상에서 본 발명은 도면을 참조하면서 기술되는 바람직한 실시예를 중심으로 설명되었지만 이에 한정되는 것은 아니다. 따라서 본 발명은 기재된 실시예로부터 도출 가능한 자명한 변형예를 포괄하도록 의도된 특허청구범위의 기재에 의해 해석되어야 한다.

부호의 설명

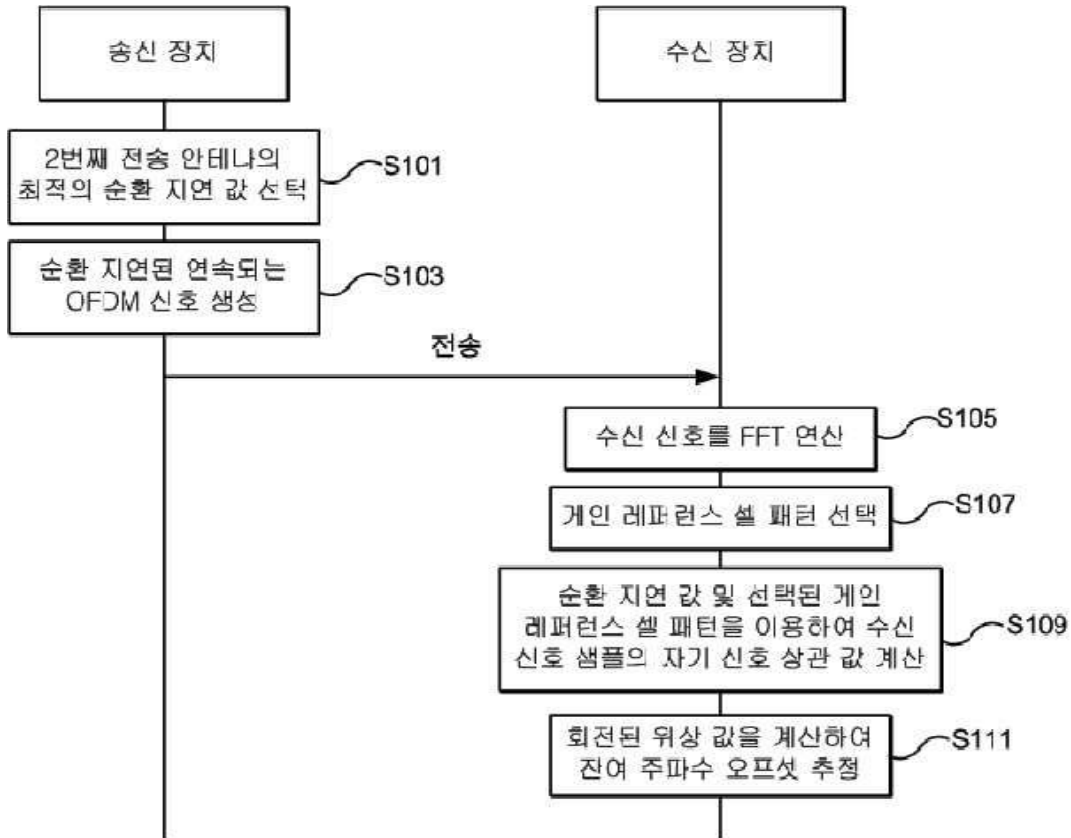
- [0084] 100 : 송신기
110 : 선택부
130 : 순환 지연부
200 : 수신기
210 : 고속 푸리에 변환부
230 : 패턴 선택부
250 : 자기 상관부
270 : 추정부

도면

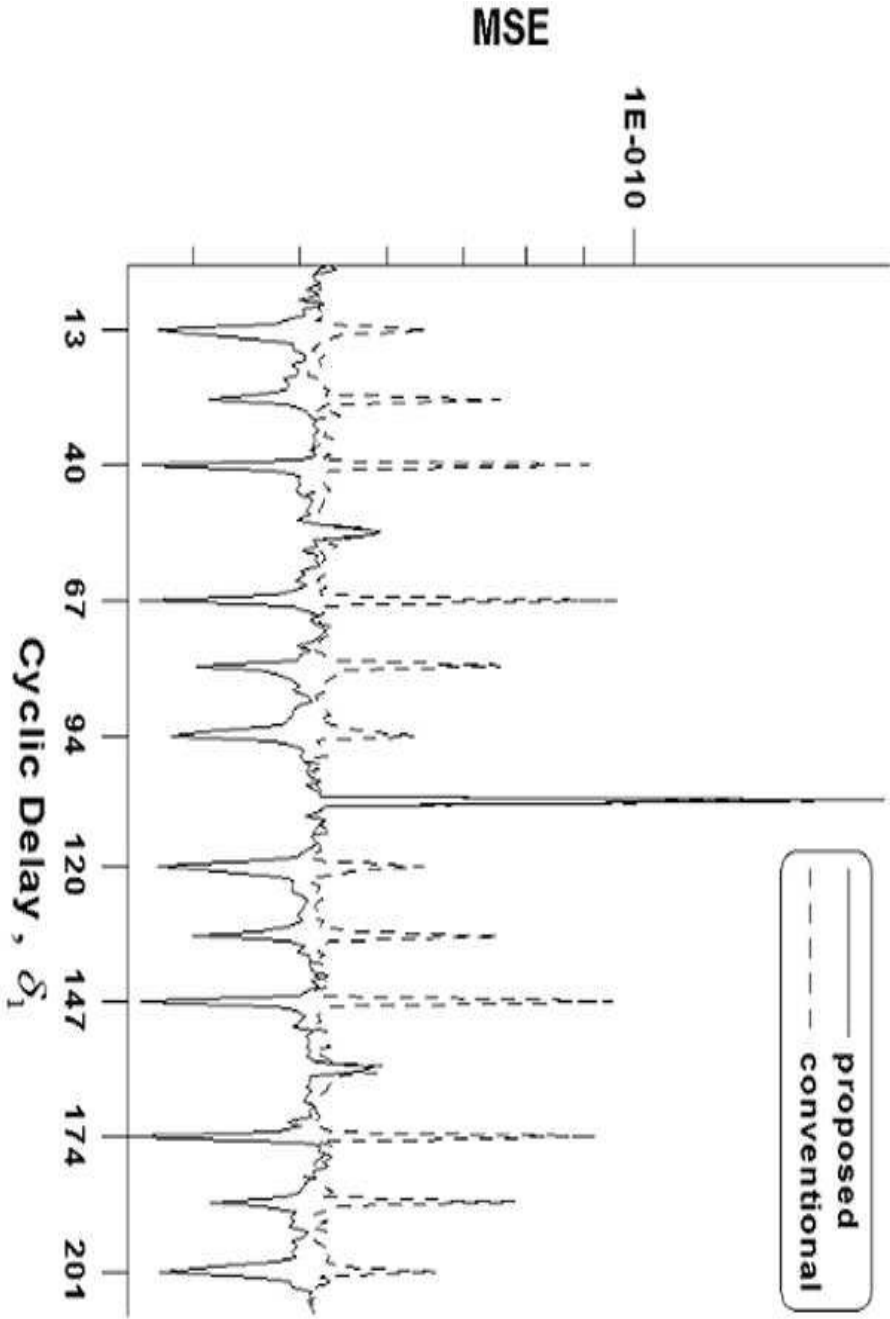
도면1



도면2



도면3



도면4

