



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년11월25일
(11) 등록번호 10-1086453
(24) 등록일자 2011년11월17일

(51) Int. Cl.

H04L 27/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0132995
(22) 출원일자 2009년12월29일
심사청구일자 2009년12월29일
(65) 공개번호 10-2011-0076316
(43) 공개일자 2011년07월06일
(56) 선행기술조사문헌
US20090103666 A1
US20080219371 A1

(73) 특허권자
전자부품연구원
경기도 성남시 분당구 야탑동 68번지
(72) 발명자
서정욱
경기도 성남시 분당구 야탑동 장미마을 현대아파트 807-203
김현식
경기도 성남시 분당구 야탑동 매화주공 2단지 209-1601
이연성
서울특별시 마포구 상암동 259-6 이안상암 2차 1102호
(74) 대리인
특허법인다래

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 김재문

(54) 스펙트럼 효율을 위한 OFDM 송수신 장치 및 방법

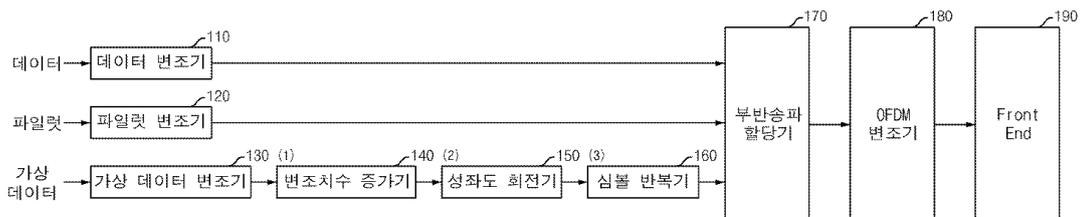
(57) 요약

본 발명은 OFDM 송수신 장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 가능한 한 파일럿의 개수를 최대한 줄여 주파수 스펙트럼에 대한 효율을 증대시키고, BER(Bit Error Rate) 또는 FER(Frame Error Rate) 성능을 파일럿을 줄이기 전과 유사하게 유지할 수 있도록 하는 OFDM 송수신 장치 및 방법에 관한 것이다.

본 발명의 OFDM 송신 장치는 가상 데이터를 변조하는 가상 데이터 변조기; 상기 가상 데이터 변조기에 의해 변조된 가상 데이터의 변조 차수를 증가시키는 변조 차수 증가기; 상기 변조 차수 증가기에 의해 변조 차수가 증가된 가상 데이터를 부반송파 할당기로 적어도 2번 이상 반복 출력하는 심볼 반복기; 및 가상 반송파와 유효 부반송파로 구성된 전체 부반송파 중 상기 유효 부반송파에 상기 심볼 반복기로부터 입력되는 가상 데이터를 할당하는 상기 부반송파 할당기를 포함하여 이루어진다.

또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 OFDM 수신 장치는 파일럿 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 채널 주파수 응답(Channel Frequency Response; CFR)을 추정하는 제 1 채널 추정기; 상기 제 1 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 가상 데이터 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 제 2 채널 추정기; 상기 제 2 채널 추정기가 추정한 CFR 또는 제 5 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 가상 데이터를 복조하는 가상 데이터 복조기; 상기 복조기가 복조한 가상 데이터를 이용하여 가상 데이터 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 제 3 채널 추정기; 상기 제 1 및 3 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 가상 파일럿 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 제 4 채널 추정기; 상기 제 1, 3 및 4 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 데이터 부반송파 및 가상 데이터 부반송파에 각각 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 상기 제 5 채널 추정기; 및 상기 제 5 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 데이터를 복조하는 데이터 복조기를 포함하여 이루어진다.

대표도



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2009-S-032-01

부처명 지식경제부

연구관리전문기관

연구사업명 정보통신 산업원천기술개발사업

연구과제명 차세대 휴대이동방송용 다중안테나 다중 홉 릴레이 전송기술연구

기여율

주관기관 연세대학교

연구기간 2009년 03월 01일 ~ 2012년 02월 29일

특허청구의 범위

청구항 1

가상 데이터를 변조하는 가상 데이터 변조기;

상기 가상 데이터 변조기에 의해 변조된 가상 데이터의 변조 차수를 증가시키는 변조 차수 증가기;

상기 변조 차수 증가기에 의해 변조 차수가 증가된 가상 데이터를 부반송파 할당기로 적어도 2번 이상 반복 출력하는 심볼 반복기; 및

가상 반송파와 유효 부반송파로 구성된 전체 부반송파 중 상기 유효 부반송파에 상기 심볼 반복기로부터 입력되는 가상 데이터를 할당하는 상기 부반송파 할당기를 포함하는 OFDM 송신 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 변조 차수 증가기에 의해 변조 차수가 증가된 가상 데이터를 성좌도 회전(constellation rotation)하는 성좌도 회전기를 더 포함하는 것을 특징으로 하고,

상기 심볼 반복기는 상기 성좌도 회전기에 의해 성좌도 회전된 가상 데이터를 상기 부반송파 할당기로 적어도 2번 이상 출력하는 것임을 특징으로 하는 OFDM 송신 장치.

청구항 3

가상 데이터를 변조하는 단계;

상기 변조된 가상 데이터의 변조 차수를 증가시키는 단계;

상기 변조 차수가 증가된 가상 데이터를 성좌도 회전(constellation rotation)시키는 단계; 및

가상 반송파와 유효 부반송파로 구성된 전체 부반송파 중 상기 유효 부반송파에 상기 성좌도 회전된 가상 데이터를 적어도 2회 이상 할당하는 단계를 포함하는 OFDM 송신 방법.

청구항 4

파일럿 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 채널 주파수 응답(Channel Frequency Response; CFR)을 추정하는 제 1 채널 추정기;

상기 제 1 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 가상 데이터 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 제 2 채널 추정기;

상기 제 2 채널 추정기가 추정한 CFR를 이용하여 가상 데이터를 복조하는 가상 데이터 복조기;

상기 가상 데이터 복조기가 상기 제 2 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 복조한 가상 데이터를 이용하여 가상 데이터 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 제 3 채널 추정기;

상기 제 1 및 3 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 가상 파일럿 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 제 4 채널 추정기;

상기 제 1, 3 및 4 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 데이터 부반송파 및 가상 데이터 부반송파에 각각 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 상기 제 5 채널 추정기; 및

상기 제 5 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 데이터를 복조하는 데이터 복조기를 포함하되,

상기 가상 데이터 복조기는 또한 상기 제 5 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 가상 데이터를 복조하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 장치.

청구항 5

파일럿 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 채널 주파수 응답(Channel Frequency Response; CFR)을 추정하는

제 1 채널 추정기;

상기 제 1 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 가상 데이터 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 제 2 채널 추정기;

상기 제 2 채널 추정기가 추정한 CFR를 이용하여 가상 데이터를 복조하는 가상 데이터 복조기;

상기 가상 데이터 복조기가 상기 제 2 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 복조한 가상 데이터를 이용하여 가상 데이터 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 상기 제 3 채널 추정기;

상기 제 1 및 3 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 가상 파일럿 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 제 4 채널 추정기;

상기 제 1, 3 및 4 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 데이터 부반송파 및 가상 데이터 부반송파에 각각 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 제 5 채널 추정기; 및

상기 제 5 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 데이터를 복조하는 데이터 복조기를 포함하되,

상기 가상 데이터 복조기는 또한 상기 제 3 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 가상 데이터를 복조하는 것을 특징으로 하는 OFDM 수신 장치.

청구항 6

파일럿 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 채널 주파수 응답(Channel Frequency Response; CFR)을 추정하는 (a) 단계;

상기 (a) 단계에서 추정된 CFR을 이용하여 가상 데이터 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 (b) 단계;

상기 (b) 단계에서 추정된 CFR을 이용하여 가상 데이터를 복조하는 (c) 단계;

상기 (c) 단계에서 복조한 가상 데이터를 이용하여 가상 데이터 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 (d) 단계;

상기 (a) 및 (d) 단계에서 추정된 CFR을 이용하여 가상 파일럿 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 (e) 단계;

상기 (a), (d) 및 (e) 단계에서 추정된 CFR을 이용하여 데이터 부반송파 및 가상 데이터 부반송파에 각각 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 (f) 단계; 및

상기 (f) 단계에서 추정된 CFR을 이용하여 데이터와 가상 데이터를 복조하는 (g) 단계를 포함하는 OFDM 수신 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 OFDM 송수신 장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 가능한 한 파일럿의 개수를 최대한 줄여 주파수 스펙트럼에 대한 효율을 증대시키고, BER(Bit Error Rate) 또는 FER(Frame Error Rate) 성능을 파일럿을 줄이기 전과 유사하게 유지할 수 있도록 하는 OFDM 송수신 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 DTV(Digital Television), 인터넷, 데이터 등의 서비스를 제공하는 OFDM 기반의 방송시스템에 대한 규격이 개발되고 있다(참고문헌 [1] ETSI EN 302 755 V1.2.0c (2008.7), Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital broadcasting system (DVB-T2). [2] ESTI TR 102 831 V0.9.2 (2008.9), Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital broadcasting system (DVB-T2) [3] 서정욱, 김현식, 전원기, 백종호, 김동구, “ASO 시대를 위한 차세대 지상파 TV 표준 DVB-T2 기술 소개”, 한국통신학회지 제25권 제8호, pp. 55~61, 2008년

7월.).

- [0003] 이러한 방송시스템은 많은 데이터를 송신해야 하기 때문에, 최대한 불필요한 오버헤드(overhead)를 줄이는 것이 주파수 스펙트럼 효율 측면에서 유리하다. 파일럿(pilot)은 수신기에서 시간 및 주파수 동기 또는 무선채널 추정 등에 사용되는 중요한 오버헤드이며, 충분한 성능을 보장하기 위해서는 적절한 수의 파일럿이 요구된다(참고 문헌 [4] IEEE Std. 802.16-2004, ``IEEE standard for local and metropolitan area networks - Part 16: Air interface for fixed broadband wireless access systems,`` Oct. 2004. [5] B. W. Song, Y. F. Guan, W. J. Zhang, ``An efficient training sequences strategy for channel estimation in OFDM systems with transmit diversity,`` Journal of Zhejiang Univ. SCI, pp. 613-618, 2005. [6] D. Shen, Z. Diao, K. K. Wong, V. O. K. Li, ``Analysis of pilot-assisted channel estimators for OFDM systems with transmit diversity,`` IEEE Trans. Broadcasting, vol. 52, no. 2, June 2006.).
- [0004] 이러한 파일럿은 파일럿 부반송파에 할당된다. 또한 인접 주파수 대역을 사용하는 시스템에 대한 간섭을 줄이고 성형 필터(pulse shaping filter)의 요구조건을 완화하기 위해 널(null 또는 zero)이 가상 반송파에 할당된다. 끝으로 실제 데이터들이 데이터 부반송파에 할당된다. 한편, 가상 반송파는 가상 부반송파라고도 한다.
- [0005] 도 1은 휴대이동방송용 OFDM 기반 시스템의 일반적인 부반송파 할당기법을 나타낸다.
- [0006] 도 1에 도시한 바와 같이, 기저대역에서 DC(Direct Current)를 중심으로 데이터 부반송파, 파일럿 부반송파, 가상 반송파가 할당된다. 특히 파일럿 부반송파는 D_f 간격으로 배치된다. 데이터 부반송파와 파일럿 부반송파를 유효 부반송파라고 부른다.
- [0007] 이상으로, 종래 OFDM 기반의 방송시스템에 따르면, 파일럿으로 인하여 주파수 스펙트럼 효율이 떨어지는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0008] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 가능한 한 파일럿의 개수를 최대한 줄여 주파수 스펙트럼에 대한 효율을 증대시킬 수 있는 OFDM 송신 장치 및 방법을 제공함을 목적으로 한다.
- [0009] 또한, 파일럿 부반송파가 줄어들더라도 BER(Bit Error Rate) 또는 FER(Frame Error Rate) 성능이 우수하게 나올 수 있도록 한 OFDM 수신 장치 및 방법을 제공함을 목적으로 한다.

과제 해결수단

- [0010] 전술한 목적을 달성하기 위해 본 발명의 OFDM 송신 장치는 가상 데이터를 변조하는 가상 데이터 변조기; 상기 가상 데이터 변조기에 의해 변조된 가상 데이터의 변조 차수를 증가시키는 변조 차수 증가기; 상기 변조 차수 증가기에 의해 변조 차수가 증가된 가상 데이터를 부반송파 할당기로 적어도 2번 이상 반복 출력하는 심볼 반복기; 및 가상 반송파와 유효 부반송파로 구성된 전체 부반송파 중 상기 유효 부반송파에 상기 심볼 반복기로부터 입력되는 가상 데이터를 할당하는 상기 부반송파 할당기를 포함하여 이루어진다.
- [0011] 또한, 본 발명의 OFDM 송신 장치는 상기 변조 차수 증가기에 의해 변조 차수가 증가된 가상 데이터를 성좌도 회전(constellation rotation)하는 성좌도 회전기를 더 포함할 수 있다. 그렇게 되면, 상기 심볼 반복기는 상기 성좌도 회전기에 의해 성좌도 회전된 가상 데이터를 상기 부반송파 할당기로 적어도 2번 이상 출력하는 것임을 특징으로 한다.
- [0012] 본 발명의 OFDM 송신 방법은 가상 데이터를 변조하는 단계; 상기 변조된 가상 데이터의 변조 차수를 증가시키는 단계; 상기 변조 차수가 증가된 가상 데이터를 성좌도 회전(constellation rotation)시키는 단계; 및 가상 반송파와 유효 부반송파로 구성된 전체 부반송파 중 상기 유효 부반송파에 상기 성좌도 회전된 가상 데이터를 적어도 2회 이상 할당하는 단계를 포함하여 이루어진다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 OFDM 수신 장치는 파일럿 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 채널 주파수 응답(Channel Frequency Response; CFR)을 추정하는 제 1 채널 추정기; 상기 제 1 채널 추정기가 추정된 CFR을 이

용하여 가상 데이터 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 제 2 채널 추정기; 상기 제 2 채널 추정기가 추정한 CFR 또는 제 5 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 가상 데이터를 복조하는 가상 데이터 복조기; 상기 복조기가 복조한 가상 데이터를 이용하여 가상 데이터 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 제 3 채널 추정기; 상기 제 1 및 3 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 가상 파일럿 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 제 4 채널 추정기; 상기 제 1, 3 및 4 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 데이터 부반송파 및 가상 데이터 부반송파에 각각 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 상기 제 5 채널 추정기; 및 상기 제 5 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 데이터를 복조하는 데이터 복조기를 포함하여 이루어진다.

[0014] 본 발명의 다른 실시예에 따른 OFDM 수신 장치는 파일럿 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 채널 주파수 응답(Channel Frequency Response; CFR)을 추정하는 제 1 채널 추정기; 상기 제 1 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 가상 데이터 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 제 2 채널 추정기; 상기 제 2 채널 추정기가 추정한 CFR 또는 제 3 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 가상 데이터를 복조하는 가상 데이터 복조기; 상기 복조기가 복조한 가상 데이터를 이용하여 가상 데이터 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 상기 제 3 채널 추정기; 상기 제 1 및 3 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 가상 파일럿 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 제 4 채널 추정기; 상기 제 1, 3 및 4 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 데이터 부반송파 및 가상 데이터 부반송파에 각각 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 제 5 채널 추정기; 및 상기 제 5 채널 추정기가 추정한 CFR을 이용하여 데이터를 복조하는 데이터 복조기를 포함하여 이루어진다.

[0015] 본 발명의 OFDM 수신 방법은 파일럿 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 채널 주파수 응답(Channel Frequency Response; CFR)을 추정하는 (a) 단계; 상기 (a) 단계에서 추정한 CFR을 이용하여 가상 데이터 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 (b) 단계; 상기 (b) 단계에서 추정한 CFR을 이용하여 가상 데이터를 복조하는 (c) 단계; 상기 (c) 단계에서 복조한 가상 데이터를 이용하여 가상 데이터 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 (d) 단계; 상기 (a) 및 (d) 단계에서 추정한 CFR을 이용하여 가상 파일럿 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 (e) 단계; 상기 (a), (d) 및 (e) 단계에서 추정한 CFR을 이용하여 데이터 부반송파 및 가상 데이터 부반송파에 각각 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정하는 (f) 단계; 및 상기 (f) 단계에서 추정한 CFR을 이용하여 데이터와 가상 데이터를 복조하는 (g) 단계를 포함하여 이루어진다.

효과

[0016] 본 발명의 OFDM 송수신 장치 및 방법에 따르면, 파일럿의 개수를 줄일 수 있게 됨에 따라 주파수 스펙트럼에 대한 효율을 증대시킬 수 있게 되고, 줄어든 파일럿 부반송파로 인한 수신기에서의 BER 또는 FER 성능 저하를 막을 수 있게 된다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0017] 이하에는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 OFDM 송수신 장치 및 방법에 대해서 상세하게 설명한다.

[0018] 도 2 및 도 3은 각각, 본 발명의 일 실시예에 따른 휴대이동방송용 OFDM 기반 송신 장치의 구조와 부반송파 할당기법을 나타낸다.

[0019] 도 2에 도시한 바와 같이, 본 발명에 따른 OFDM 송신 장치는 데이터 변조기(110), 파일럿 변조기(120), 가상 데이터 변조기(130), 변조차수 증가기(140), 성좌도 회전기(150), 심볼 반복기(160), 부반송파 할당기(170), OFDM 변조기(180) 및 프런트 엔드(190)를 포함하여 이루어질 수 있다.

[0020] 데이터 변조기(110)는 데이터를 예컨대, QPSK, M-ary, QAM 등의 변조 심볼(modulated symbol)로 변환한다.

[0021] 파일럿 변조기(120)는 파일럿을 예컨대, QPSK, M-ary, QAM 등의 변조 심볼(modulated symbol)로 변환한다.

[0022] 가상 데이터 변조기(130) 또한, 가상 데이터를 예컨대, QPSK, M-ary, QAM 등의 변조 심볼(modulated symbol)로

변환한다. 여기서, 가상 데이터는 도 3에 도시한 바와 같이, 파일럿 부반송파 사이에 D_i 간격으로 배치된 가상 데이터 부반송파에 할당되는 데이터를 말한다.

- [0023] 변조 차수 증가기(140)는 가상 데이터 변조기(130)에 의해 변조된 가상 데이터의 변조 차수를 증가시킨다. 예컨대, 변조 심볼이 QPSK라고 한다면, 변조차수 증가기(140)는 2 개의 QPSK 변조 심볼을 모아 변조 차수가 증가된 1 개의 16QAM 심볼을 생성한다. 이러한 변환 과정을 도 3-(1)에 나타내었다.
- [0024] 성좌도 회전기(150)는 변조 차수 증가기(140)에 의해 변조 차수가 증가된 가상 데이터를 성좌도 회전(constellation rotation)시킨다. 이러한 성좌도 회전 과정의 일 예를 도 3-(2)에 나타내었다. 이러한 성좌도 회전 심볼은 주파수 선택성이 심한 페이딩 채널 등에서 우수한 성능을 나타낸다(참고문헌 [1] ETSI EN 302 755 V1.2.0c (2008.7), Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital broadcasting system (DVB-T2). [2] ESTI TR 102 831 V0.9.2 (2008.9), Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital broadcasting system (DVB-T2) [3] 서정욱, 김현식, 전원기, 백종호, 김동구, "ASO 시대를 위한 차세대 지상파 TV 표준 DVB-T2 기술 소개", 한국통신학회지 제25권 제8호, pp. 55~61, 2008년 7월.).
- [0025] 심볼 반복기(160)는 성좌도 회전기(150)에 의해 성좌도 회전된 가상 데이터를 부반송파 할당기(170)로 2 번 또는 그 이상 반복하여 출력한다.
- [0026] 부반송파 할당기(170)는, 입력되는 데이터, 파일럿 및 가상 데이터를 해당 부반송파에 할당한다. 특히, 부반송파 할당기(170)는 심볼 반복기(160)로부터 입력되는 성좌도 회전 심볼(가상 데이터)을 가상 데이터 부반송파에 반복하여 할당한다. 이러한 가상 데이터 부반송파 할당 과정의 일 예를 도 3-(3)에 나타내었다. 또한, 이러한 심볼 반복은 우수한 수신 성능을 제공한다(참고 문헌 [7] IEEE Std. 802.16-2004, 'IEEE standard for local and metropolitan area networks - Part 16: Air interface for fixed broadband wireless access systems,' Oct. 2004.).
- [0027] OFDM 변조기(180)는 부반송파 할당기(170)로부터 입력되는 OFDM 심볼을 시간 영역으로 변환하여 출력한다. 이러한 OFDM 변조기(180)는, 입력되는 OFDM 심볼을 역방향 고속 푸리에 변환하여 출력하는 IFFT와, 입력되는 OFDM 심볼에 보호구간(Guard interval)을 삽입하여 출력하는 보호구간 삽입부를 포함하여 이루어진다.
- [0028] 프런트 엔드(190)는, 입력되는 OFDM 심볼을 아날로그 신호로 변환한 후 무선 송신한다.
- [0029] 이상으로, 본 발명의 OFDM 송신 장치에 따르면 파일럿의 개수를 줄일 수 있게 됨에 따라 주파수 스펙트럼에 대한 효율을 증대시킬 수 있게 된다. 그러나, 여기서 주의할 것은 파일럿 부반송파의 간격이 가상 데이터 부반송파에 의해 멀어졌다는 것이다. 즉, 파일럿 부반송파의 간격이 멀어짐으로써 파일럿 부반송파의 개수가 줄어드는 대신, 가상 데이터 부반송파를 더 사용할 수 있게 되어 전체적인 주파수 효율이 증가된다. 그러나, 줄어든 파일럿 부반송파로 인해 수신기에서의 채널 추정 성능이 나빠져서 BER 또는 FER 성능이 떨어지는 문제가 발생하게 된다. 따라서, 이러한 문제를 해결하기 위한 수신 기법이 필요하다.
- [0030] 도 4 및 도 5는 각각, 본 발명의 일 실시예에 따른 휴대이동방송용 OFDM 기반 수신 장치의 구조와 동작 과정을 나타낸다.
- [0031] 도 4에 도시한 바와 같이, 본 발명에 따른 OFDM 수신 장치는 프런트 엔드(210), OFDM 복조기(220), 부반송파 분배기(230), LS(Least Squares) 채널 추정기(240), LMMSE(Linear Minimum Mean Square Error) 보간기(interpolator)(250), 결합 복조기(260), DD(Decision-Directed) 채널 추정기(270), LMMSE 예측기(280), DFT(Discrete Fourier Transform) 기반 채널 추정기(290) 및 복조기(295)를 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0032] 프런트 엔드(210)는 안테나를 통해 수신된 전자파 신호를 증폭하고 디지털 데이터로 변환한다.
- [0033] OFDM 복조기(220)는 프런트 엔드(210)로부터 입력되는 OFDM 심볼을 주파수 영역으로 변환하여 출력한다. 이러한 OFDM 복조기(220)는, 입력되는 OFDM 심볼에서 보호구간(Guard interval)을 제거하는 보호구간 제거부와, 입력되는 OFDM 심볼을 고속 푸리에 변환하여 출력하는 FFT를 포함하여 이루어진다.
- [0034] 부반송파 분배기(230)는 OFDM 복조기(220)로부터 입력되는 OFDM 심볼을 데이터, 파일럿 및 가상 데이터로 구분하여 출력한다.
- [0035] LS 채널 추정기(240)는 제 1 채널 추정기로서, 파일럿 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 채널 주파수 응답

(Channel Frequency Response; CFR)을 추정한다. 추정 방식은 수학적 식 1과 같다.

수학적 식 1

$$\hat{H}[i_k] = Y[i_k] / P[k], 0 \leq k \leq N_p - 1$$

여기서, i_k 은 파일럿 부반송파 인덱스, N_p 는 파일럿 개수, $Y[k]$ 는 주파수 영역에서의 k 번째 수신 심볼, $P[k]$ 는 k 번째 파일럿, $\hat{H}[k]$ 는 k 번째 추정된 CFR을 나타낸다. 이러한 과정의 일 예를 도 5-(1)에 나타내었다.

MMSE 보간기(250)는 제 2 채널 추정기로서, 제 1 채널 추정기 즉, LS 채널 추정기(240)가 추정한 CFR과 LMMSE 필터 계수를 이용하여 가상 데이터 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정한다. 추정 방식은 수학적 식 2와 같다.

수학적 식 2

$$\hat{H}[i_e] = \sum_{k=0}^{N_p-1} Q[i_e, i_k] \hat{H}[i_k], 0 \leq e \leq N_{vd} - 1$$

여기서, i_e 은 가상 데이터 부반송파 인덱스, N_{vd} 는 가상 데이터 개수를 나타낸다. 또한 LMMSE 필터 계수 $Q[m, n]$ 은 수학적 식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 3

$$Q[m, n] = [R_c R_a^{-1}]_{m, n}$$

여기서,

R_c 는 이상적인 CFR과 추정된 CFR의 상호 상관행렬, R_a 는 추정된 CFR의 자기 상관행렬, $[\]^{-1}$ 는 역행렬 연산, $[\]_{m, n}$ 은 행렬의 m 번째 행, n 번째 열에 해당하는 원소를 나타낸다.

결합 복조기(260)는 가상 데이터 복조기로서, 제 2 채널 추정기 즉, LMMSE 보간기(250)가 추정한 CFR을 이용하여 2 개 또는 그 이상의 동일한 가상 데이터를 결합하여 복조한다. 이렇게 가상 데이터를 결합하여 복조하는 과정은 수학적 식 4, 5와 같다.

수학적 식 4

$$\hat{X}[i_e] = \sum_{r=0}^{N_y-1} G_r[i_{er}] Y[i_{er}]$$

수학적 식 5

$$\tilde{X}[i_e] = F_{dec}(\hat{X}[i_e])$$

[0047] 여기서, i_{er} 은 i_e 와 관련된 동일한 가상 데이터를 갖는 부반송파 인덱스, N_r 은 동일한 가상 데이터 개수, $G_r[i_{er}]$ 은 결합계수로써 수학식 6과 같이 표현될 수 있다.

수학식 6

[0048]
$$G_r[i_{er}] = \frac{\widehat{H}[i_{er}]^*}{\sqrt{\sum_{r=0}^{N_r-1} |\widehat{H}[i_{er}]|^2}}$$

[0049] 여기서,

[0050] $[\]^*$ 는 복소공액(complex conjugation)을 나타낸다. 또한 $F_{dec}()$ 는 복조기를 나타내는데, 성좌도 회전기, 변조차수 증가기, 가상 데이터 변조기에 대한 복조기 또는 데이터 변조기에 대한 복조기로 사용될 수 있다.

[0051] DD 채널 추정기(270)는 제 3 채널 추정기로서, 결합 복조기(260)가 복조한 가상 데이터를 이용하여 가상 데이터 부반송파에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정한다. 추정 방식은 수학식 7과 같다.

수학식 7

[0052]
$$\widehat{H}[i_e] = Y[i_e] / \widetilde{X}[i_e]$$

[0053] LMMSE 예측기(280)는 제 4 채널 추정기로서, 제 1 및 제 3 채널 추정기 즉, LS 채널 추정기(240) 및 DD 채널 추정기(270)가 추정한 CFR을 이용하여 가상 파일럿 부반송파(도 5-(5) 참조)에 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정한다. 추정 방식은 수학식 8과 같다.

수학식 8

[0054]
$$\widehat{H}[i_l] = \sum_{k=0}^{N_p-1} Q[i_l, i_k] \widehat{H}[i_k] + \sum_{e=0}^{N_{vd}-1} Q[i_l, i_e] \widetilde{H}[i_e], 0 \leq l \leq N_{vp}-1$$

[0055] 여기서, i_l 은 가상 파일럿 부반송파 인덱스, N_{vp} 는 가상 파일럿 개수를 나타낸다.

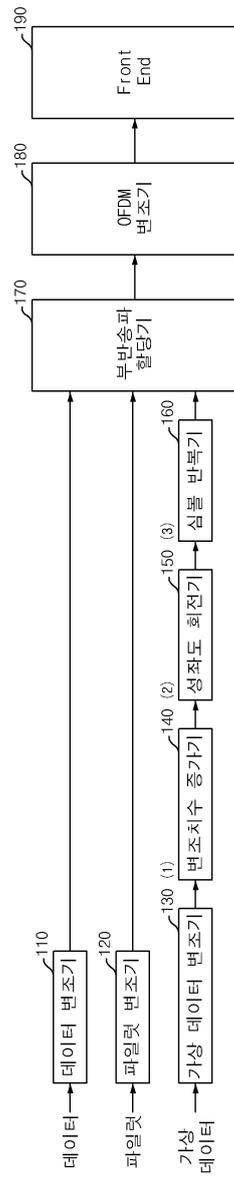
[0056] DFT 기반 채널 추정기(290)는 제 5 채널 추정기로서, 제 1, 3 및 4 채널 추정기 즉, LS 채널 추정기(240), DD 채널 추정기(270) 및 LMMSE 예측기(280)가 추정한 CFR을 이용하여 데이터 부반송파 및 가상 데이터 부반송파에 각각 할당되어 있는 수신 심볼의 CFR을 추정한다. 추정 방식은 수학식 9와 같다.

수학식 9

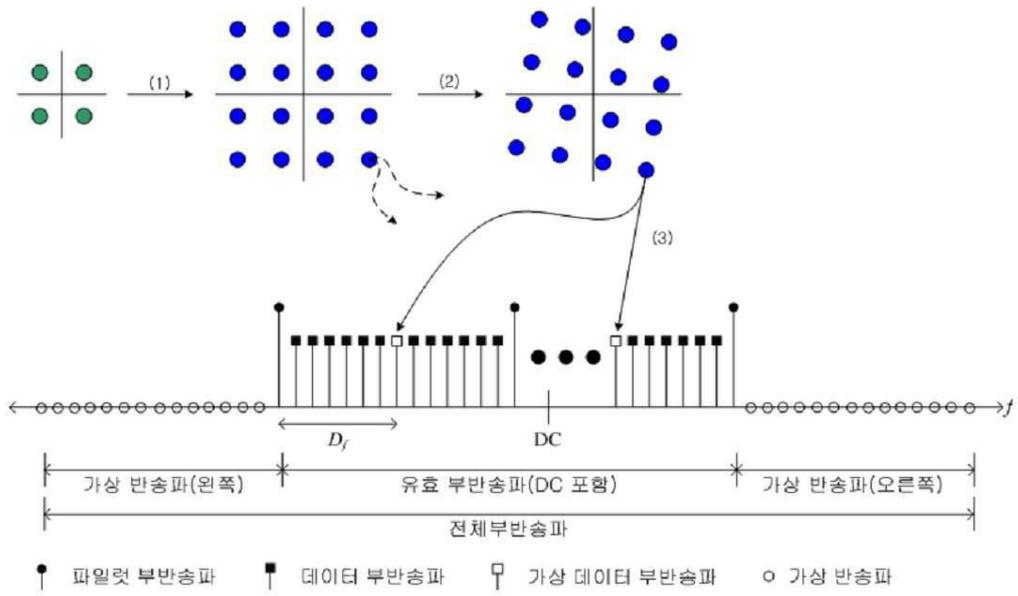
[0057]
$$\widehat{H}_d = \frac{1}{N_m} G B^H \widehat{H}_m$$

[0058] 여기서, \widehat{H}_d 은 데이터 부반송파와 가상 데이터 부반송파 위치에서의 CFR로 이루어진 추정된 채널벡터이고,

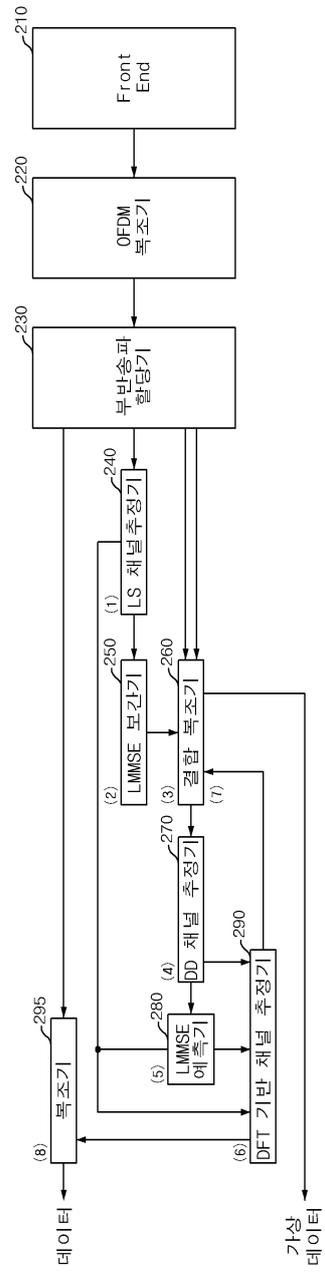
도면2



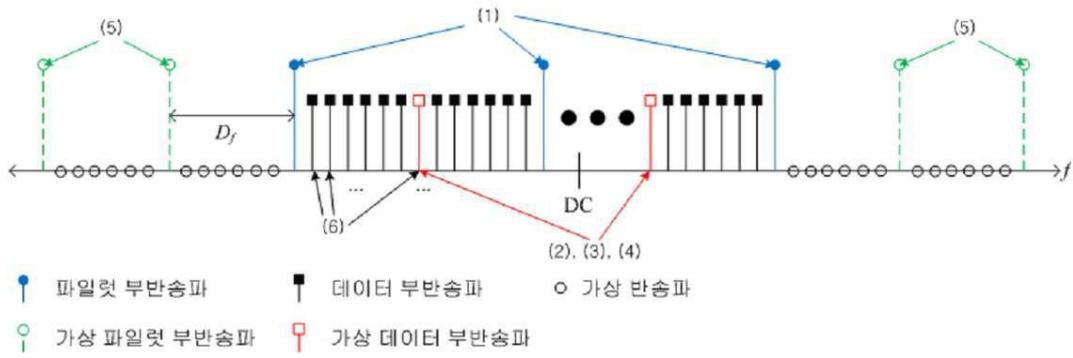
도면3



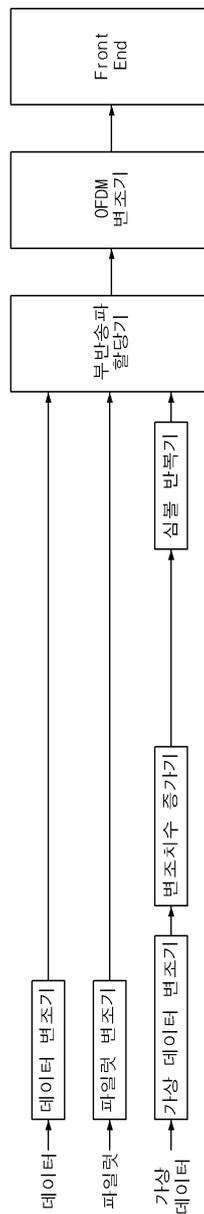
도면4



도면5



도면6



도면 7

