(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년07월30일
(11) 등록번호 10-2283183
(24) 등록일자 2021년07월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 27/26 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04L 27/2662 (2013.01)
H04L 27/264 (2021.01)
(21) 출원번호 10-2015-0046303
(22) 출원일자 2015년04월01일
심사청구일자 2020년03월27일
(65) 공개번호 10-2016-0013794
(43) 공개일자 2016년02월05일
(30) 우선권주장
1020140095602 2014년07월28일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020140035255 A
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
홍대식
서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제2공학과 709호
정원석
서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제 2 공학관 715호
김찬홍
경기도 화성시 병점4로 38, 504호
(74) 대리인
윤동열

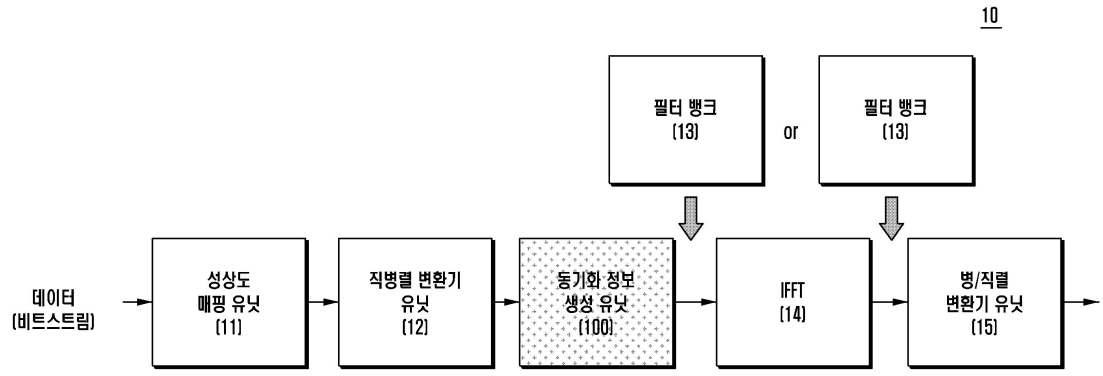
전체 청구항 수 : 총 13 항 심사관 : 김성태

(54) 발명의 명칭 **이동통신 시스템에서의 시퀀스 동기화 수행을 위한 방법 및 장치**

(57) 요 약

본 발명은 필터 뱅크 다중 전송 시스템에서 시퀀스를 이용하여 정확한 시간 및 주파수 동기를 추정할 수 있는 송수신 방법을 개시한다. 본 발명은 필터에 대응하여 시퀀스들을 각각 매핑하는 단계; 동기를 위한 시퀀스가 상관도 특성을 유지하도록 돕는 보조 시퀀스 도입 단계; 시간 및 주파수 동기 추정을 가능하게 하면서 데이터 복조에 영향을 주지 않도록 하는 보조 시퀀스 도출 단계를 포함한다. 본 발명에 따르면 필터 뱅크 다중 전송 방식을 통해 만들어진 동기 시퀀스 및 보조 시퀀스를 통해 시간 및 주파수 동기를 정확하게 추정할 수 있다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
H04L 27/2698 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
KR1020100046635 A
KR1019990070166 A
KR1020090107987 A
KR1020140057624 A

명 세 서

청구범위

청구항 1

통신 시스템에서 장치에 의해 수행되는 방법에 있어서,

동기 정보를 포함하는 제1 파일럿 시퀀스를 생성하는 단계;

제1 파일럿 시퀀스가 포함되어 있는 복수의 블록 중 임의의 블록을 선택하는 단계;

상기 선택된 임의의 블록의 평균 전력에 기반하여 보조 시퀀스의 보조 심볼을 결정하는 단계;

상기 제1 파일럿 시퀀스의 시퀀스 상관도와 관련된 상기 보조 시퀀스를 생성하는 단계;

적어도 하나의 데이터 심볼에 포함된 복수의 서브캐리어에 상기 제1 파일럿 시퀀스 및 상기 보조 시퀀스를 매핑하는 단계; 및

상기 제1 파일럿 시퀀스 및 상기 보조 시퀀스가 매핑된 상기 적어도 하나의 데이터 심볼에서 데이터를 전송하는 단계를 포함하고,

상기 선택된 임의의 블록은 상기 복수의 블록 중 타겟 파일럿 시퀀스의 전송 전력 값이 가장 큰 전력인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 통신 시스템은 FBMC(filter bank multicarrier) 시스템인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 보조 시퀀스는 복수의 필터들로 인해 상기 제 1 파일럿 시퀀스에 발생되는 필터 응답을 상쇄하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 매핑하는 단계는 특정 필터에 상기 제1 파일럿 시퀀스를 매핑하고, 상기 특정 필터와 다른 필터에 상기 보조 시퀀스를 매핑하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 매핑하는 단계는,

OQAM(offset quadrature amplitude modulation)에 기반하여 보조 시퀀스 쌍을 상기 복수의 서브캐리어에 매핑하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 OQAM에 기반한 신호 매핑 방식은,

인접 서브캐리어 및 인접 심볼 간 위상 차가 $\pi/2$가 되도록 실수부 혹은 허수부를 입력하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 동기 정보의 길이에 따라 보조 시퀀스의 개수를 결정하는 단계를 더 포함하고,

상기 매핑하는 단계는 OQAM에 기반하여 상기 결정된 보조 시퀀스를 상기 복수의 서브캐리어에 매핑하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 11

통신 시스템의 장치에 있어서,

송수신부; 및

동기 정보를 포함하는 제1 파일럿 시퀀스를 생성하고,

제1 파일럿 시퀀스가 포함되어 있는 복수의 블록 중 임의의 블록을 선택하며,

상기 선택된 임의의 블록의 평균 전력에 기반하여 보조 시퀀스의 보조 심볼을 결정하고,

상기 제1 파일럿 시퀀스의 시퀀스 상관도와 관련된 상기 보조 시퀀스를 생성하며,

적어도 하나의 데이터 심볼에 포함된 복수의 서브캐리어에 상기 제1 파일럿 시퀀스 및 상기 보조 시퀀스를 매핑하고,

상기 제1 파일럿 시퀀스 및 상기 보조 시퀀스가 매핑된 상기 적어도 하나의 데이터 심볼에서 상기 송수신부를 통해 데이터를 전송하도록 제어하는 제어부를 포함하고,

상기 선택된 임의의 블록은 상기 복수의 블록 중 타겟 파일럿 시퀀스의 전송 전력 값이 가장 큰 전력인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 통신 시스템은 FBMC(filter bank multicarrier) 시스템인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 보조 시퀀스는 복수의 필터들로 인해 상기 제 1 파일럿 시퀀스에 발생되는 필터 응답을 상쇄하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

제11항에 있어서, 상기 제어부는,

특정 필터에 상기 제1 파일럿 시퀀스를 매핑하고, 상기 특정 필터와 다른 필터에 상기 보조 시퀀스를 매핑하도록 제어하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 17

삭제

청구항 18

제11항에 있어서, 상기 제어부는,

OQAM(offset quadrature amplitude modulation)에 기반하여 보조 시퀀스 쌍을 상기 복수의 서브캐리어에 매핑되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 동기 정보의 길이에 따라 보조 시퀀스의 개수를 결정하고, OQAM에 기반하여 상기 결정된 보조 시퀀스를 상기 복수의 서브캐리어에 매핑하도록 제어하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 이동통신 시스템에서의 동기화 수행을 위한 방법 및 장치에 관한 것이다. 구체적으로, 본 발명은 이동통신 시스템에서의 데이터 송신 시스템 및 데이터 수신 시스템에서, 파일럿 시퀀스(pilot sequence)를 이용하여 동기화를 수행하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] FBMC(Filter Bank Multi Carrier) 시스템은 필터를 통해 시간 지연에 강인하고 측대파(sidelobe) 크기가 작은 신호를 전송한다. FBMC 시스템은 필터 과정을 통해 신호에 서로 다른 필터 계수들과 곱해진 형태의 심볼(symbol)들을 중첩 전송한다.

[0003] 시간 및 주파수 동기를 맞추는 방법 중 하나는 송신단이 약속된 신호 시퀀스를 전송하면 수신단에서는 이를 상관도를 통해 검출하는 방법이다.

[0004] 직교 주파수 분할 다중 전송 (Orthogonal frequency division multiplex: OFDM) 시스템의 경우, 상관도 특성이 좋은 시퀀스를 생성하여 동기를 맞추는 데 사용한다.

[0005] 하지만 FBMC 시스템에서는 필터(filter) 별로 서브캐리어(subcarrier) 신호를 따로 처리하도록 동작하고, 시퀀스가 필터링 과정을 거치게 되면서 상관도(correlation) 특성이 사라지며, 중첩 전송에 의해 동기를 위한 시퀀스에 데이터 간섭이 발생하는 문제점이 있다. 따라서 종래 OFDM 시스템에서 사용하는 시퀀스를 이용한 동기화 방법의 한계를 극복하기 위해 FBMC에 이용하기 위한, 상관도 특성이 좋은 시퀀스를 생성 및 이용하는 방법이 요

구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 이동통신 시스템에서의 동기화 수행을 위한 방법 및 장치를 제공하는 것이다. 구체적으로, 본 발명의 실시 예는 FBMC 시스템에서의 데이터 송신 시스템 및 데이터 수신 시스템에서, 파일럿 시퀀스(pilot sequence)를 이용하여 동기화를 수행하는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

[0007] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 FBMC 시스템에서 상관도 특성이 좋은 시퀀스를 제공하고, 이를 통해 FBMC 시스템에서 동기 운영이 가능하도록 신호열 매핑 및 보조 시퀀스 운영 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른 FBMC 시스템에서 시퀀스를 운용하는 방법은 다수의 필터에 대응하여 시퀀스들을 매핑하는 과정과 상관도 특성을 유지하기 위한 보조 시퀀스 도입 과정과, 간섭 및 필터 영향을 보상하도록 하는 보조 시퀀스의 도출 과정을 포함한다.

[0009] 또한, 본 발명의 실시 예에 따르면, 통신 시스템에서 시퀀스 동기화 신호 전송 방법에 있어서, 동기 정보를 포함하는 제1 파일럿 시퀀스를 생성하는 단계, 상기 제1 파일럿 시퀀스의 시퀀스 상관도 손실을 보상하기 위한 보조 시퀀스를 생성하는 단계, 적어도 하나의 데이터 심볼에 포함된 복수의 서브캐리어에 상기 제1 파일럿 시퀀스 및 보조 시퀀스를 매핑하는 단계 및 상기 제1 파일럿 시퀀스 및 보조 시퀀스로 매핑된 데이터를 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법을 제공할 수 있다.

[0010] 또한, 본 발명의 실시 예에 따르면, 통신 시스템에서 시퀀스 동기화 신호 전송을 위한 장치에 있어서, 적어도 하나의 네트워크 노드와 통신하는 송수신부 및 동기 정보를 포함하는 제1 파일럿 시퀀스를 생성하고, 상기 제1 파일럿 시퀀스의 시퀀스 상관도 손실을 보상하기 위한 보조 시퀀스를 생성하며, 적어도 하나의 데이터 심볼에 포함된 복수의 서브캐리어에 상기 제1 파일럿 시퀀스 및 보조 시퀀스를 매핑하고, 상기 제1 파일럿 시퀀스 및 보조 시퀀스로 매핑된 데이터를 전송하도록 제어하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치를 제공할 수 있다.

[0011] 또한, 본 발명의 실시 예에 따르면, 통신 시스템에서 시퀀스 동기화 신호 수신 방법에 있어서, 동기 신호에 대한 제1 파일럿 시퀀스를 포함하는 신호를 수신하는 단계, 기 설정된 제1 파일럿 시퀀스 정보에 기반하여, 상기 수신 신호와 시간 영역 상관도를 연산하는 단계, 상기 상관도 연산에 기반하여 동기 시점을 결정하는 단계 및 상기 결정된 동기 시점에 기반하여 수신 신호의 데이터를 복원하는 단계를 포함하고, 상기 신호의 동기 시점은 상기 제1 파일럿 시퀀스 및 상기 제1 파일럿 시퀀스의 시퀀스 상관도 손실을 보상하기 위한 보조 시퀀스에 기반하여 결정되는 것을 특징으로 하는 방법을 제공할 수 있다.

[0012] 또한, 본 발명의 실시 예에 따르면, 통신 시스템에서 시퀀스 동기화 신호 수신을 위한 장치에 있어서, 적어도 하나의 네트워크 노드와 통신하는 송수신부 및 동기 신호에 대한 제1 파일럿 시퀀스를 포함하는 신호를 수신하고, 기 설정된 제1 파일럿 시퀀스 정보에 기반하여, 상기 수신 신호와 시간 영역 상관도를 연산하며, 상기 상관도 연산에 기반하여 동기 시점을 결정하고, 상기 결정된 동기 시점에 기반하여 수신 신호의 데이터를 복원하도록 제어하는 제어부를 포함하고, 상기 신호의 동기 시점은 상기 제1 파일럿 시퀀스 및 상기 제1 파일럿 시퀀스의 시퀀스 상관도 손실을 보상하기 위한 보조 시퀀스에 기반하여 결정되는 것을 특징으로 하는 장치를 제공할 수 있다.

발명의 효과

[0013] 본 발명의 실시 예에 따르면, FBMC 시스템에서 시퀀스 동기 신호 및 이를 이용한 동기 신호 운용 방법 및 장치를 제공할 수 있다.

[0014] 본 발명의 실시 예에 의하면, FBMC 시스템에서 시간 및 주파수 동기를 위해 시퀀스를 이용 할 수 있으면서, 데이터 복조에 아무런 영향을 주지 않도록 하는 동기 운영을 가능하게 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 FBMC 시스템에서의 데이터 송신 시스템의 블록도를 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 FBMC 시스템에서의 데이터 수신 시스템의 블록도를 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 데이터 송신 시스템에서의 동기화 정보 생성 유닛을 도시한 블록도이다.

도 4 및 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따라 복수의 서브캐리어들에 시퀀스를 매핑하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 동기화 정보 생성 유닛에서 제 2 파일럿의 특성 정보를 산출하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 보조 시퀀스를 도출하는 방법을 설명하는 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 OQAM을 이용하는 FBMC 시스템의 원리를 설명하는 도면이다.

도 9은 본 발명의 일 실시 예에 따른 OQAM을 이용하는 FBMC 시스템에서 보조 시퀀스를 도출하는 방법을 설명하는 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시 예에 따른 OQAM을 이용하는 FBMC 시스템에서 길이에 제약 없이 보조 시퀀스를 도출하는 방법을 설명하는 도면이다.

도 11은 본 발명의 일 실시 예에 따른 간섭 성분이 적은 타겟 블록을 선택하는 방법을 설명하는 도면이다.

다음으로 도 12를 참조하여 간섭 성분을 평균 값으로 근사하여 보조 시퀀스를 더욱 정확하게 계산하는 방법에 대하여 설명한다.

도 13은 본 발명의 일 실시 예에 따른 동기화 정보 생성 유닛이 동기화 정보를 생성하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 14는 본 발명의 동기화 정보 생성 및 데이터 전송 방법을 설명하는 흐름도이다.

도 15는 본 발명의 일 실시 예에 따른 동기화 정보 생성 및 데이터 전송 방법을 설명하는 도면이다.

도 16은 본 발명의 일 실시 예에 따라 데이터 송신 시스템에서의 동기화 정보 생성 유닛의 블록도이다.

도 17은 본 발명의 일 실시 예에 따른 동기화 정보 생성 유닛이 동기화 정보를 생성하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 18은 본 발명의 일 실시 예에 따른 데이터 수신 시스템에서의 동기화 유닛의 블록도이다.

도 19는 본 발명의 일 실시 예에 따른 동기화 유닛에서 동기화 시점을 검출하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 20은 본 발명의 일 실시 예에 따른 동기화 시점 검출 및 데이터 수신 방법을 설명하는 흐름도이다.

도 21은 본 발명의 일 실시 예에 따른 동기화 시점 검출 및 데이터 수신 방법을 설명하는 도면이다.

도 22는 본 발명의 일 실시 예에 따른 동기화 유닛에서 검출한 동기화 시점 및 동기화 주파수를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 다양한 실시 예들을 상세히 설명한다. 이때, 첨부된 도면들에서 동일한 구성요소는 가능한 동일한 부호로 나타내고 있음에 유의해야 한다. 또한 본 발명의 요지를 흐리게 할 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략할 것이다. 하기의 설명에서는 본 발명의 다양한 실시 예들에 따른 동작을 이해하는데 필요한 부분만이 설명되며, 그 이외 부분의 설명은 본 발명의 요지를 흩트리지 않도록 생략될 것이라는 것을 유의하여야 한다.

[0017] 하기 본 발명의 실시 예는 FBMC 시스템에서 동기를 추정하기 위해 파일럿 시퀀스를 이용하는 방안을 제공한다. 본 발명의 실시 예에서 FBMC 시스템의 각 필터에 대한 정보 및 동기 시퀀스 정보, 동기 심볼을 형성할 블록 인덱스(index)에 대한 정보는 데이터 송신 장치에서 미리 정의하고 있는 것으로 가정한다. 상위 노드로부터 이에 대한 정보를 수신할 수도 있다. 데이터 수신 장치는 상기 각 필터에 대한 정보 및 동기 시퀀스 정보, 동기 심볼을 형성할 블록 인덱스(index)에 대한 정보를 미리 알고 있을 수 있으며, 데이터 송신 장치로부터 이에 대한 정

보를 미리 수신할 수도 있다.

[0018] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 대해 상세히 설명하기로 한다.

[0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 FBMC 시스템에서의 데이터 송신 시스템(10)의 블록도를 도시한 도면이다. 데이터 송신 시스템은 성상도 매핑 유닛(11), 직병렬 변환기 유닛(12), 동기화 정보 생성 유닛(100), IFFT(14), 병렬/직렬 변환기 유닛(15) 및 필터 뱅크(13)를 포함할 수 있다. 상기 데이터 송신 시스템(10)은 기지국(base station, eNB)을 포함할 수 있다.

[0020] 데이터 송신 시스템(10)은 데이터 수신 시스템으로 전송하고자 하는 데이터를 생성할 수 있다. 상기 데이터는 비트 형태의 데이터로, 비트 스트림 일 수 있다. 성상도 매핑 유닛(11)은 상기 비트 형태의 데이터를 각 성상도에 따른 데이터로 변조한다. 직병렬 변환기 유닛(12)은 다음 연산을 위해 직렬 데이터 열을 병렬 데이터 구조로 변환한다. 동기화 정보 생성 유닛(100)은 시간 및 주파수 동기를 추정하기 위한 신호열을 생성한다. 동기화 정보 생성 유닛(100) 및 관련 동작은 도 3을 통해 자세히 설명하도록 한다. 필터 뱅크(13) 블록은 송신 단을 위한 홀수 필터 및 짝수 필터를 가지고 있으며, 신호 합성을 위한 IFFT(14) 블록 앞 또는 뒤에서 신호열과 연산한다. 병/직렬 변환기 유닛(15)은 IFFT(14) 이 후 나온 병렬 구조의 신호열을 직렬 구조로 변환한다. 상기 데이터 송신 시스템(10)은 상기 변환된 신호를 데이터 수신 시스템으로 전송할 수 있다.

[0021] 한편, 상기에서 데이터 송신 시스템(10)은 상기 데이터 송신 시스템(10)의 전반적인 동작을 제어하는 제어부 및 적어도 하나의 네트워크 노드와 통신을 수행하는 송수신부로 구성할 수도 있다. 이때, 상기 제어부는 상기 성상도 매핑 유닛(11), 직병렬 변환기 유닛(12), 동기화 정보 생성 유닛(100), IFFT(14), 병렬/직렬 변환기 유닛(15) 및 필터 뱅크(13)의 동작을 수행할 수 있다. 하기에서 본 발명의 실시 예를 동기화 정보 생성 유닛(100)을 중심으로 설명하지만, 동기화 정보 생성 유닛(100)의 동작을 상기 데이터 송신 시스템의 제어부가 수행할 수 있음은 자명하다.

[0022] 본 발명의 실시 예에 따르면 상기 제어부는 동기 정보를 포함하는 제1 파일럿 시퀀스를 생성하고, 상기 제1 파일럿 시퀀스의 시퀀스 상관도 손실을 보상하기 위한 보조 시퀀스를 생성하며, 적어도 하나의 데이터 심볼에 상기 제1 파일럿 시퀀스 및 보조 시퀀스를 매핑하고, 상기 제1 파일럿 시퀀스 및 보조 시퀀스로 매핑된 데이터를 전송하도록 제어할 수 있다. 상기 통신 시스템은 FBMC 시스템일 수 있다.

[0023] 또한, 상기 제어부는 복수의 필터들로 인해 상기 제 1 파일럿 시퀀스에 발생되는 필터 응답을 상쇄하기 위한 보조 시퀀스를 생성하도록 제어할 수 있다.

[0024] 또한, 상기 제어부는 제1 파일럿 시퀀스가 포함되어 있는 복수의 블록 중 임의의 블록을 선택하고, 전송 신호가 상기 제1 파일럿 시퀀스의 동기 심볼이 되기 위한 상기 보조 시퀀스의 보조 심볼을 결정하도록 제어할 수 있다. 이때, 상기 제어부는 복수의 블록 중 타겟 파일럿 시퀀스의 송신 전력 값이 가장 큰 블록을 임의의 블록으로 선택할 수 있다.

[0025] 또한, 상기 제어부는 특정 필터에 제1 파일럿 시퀀스를 매핑하고, 상기 특정 필터와 다른 필터에 보조 시퀀스를 매핑하도록 제어할 수 있다.

[0026] 상기에서 본 발명의 실시 예에 따른 데이터 송신 장치에 대해서 간략하게 설명하였다. 다만, 데이터 송신장치의 동작 및 기능은 이에 한정하지 않고, 하기 도 3 내지 도 19를 통해 설명하는 본 발명의 실시 예 동작을 수행할 수 있다.

[0027] 또한, 상기 이동 통신 시스템은 OQAM(offset quadrature amplitude modulation)을 기반으로 하는 FBMC 시스템일 수 있다. 이 경우, 상기 제어부는, OQAM의 신호 매핑 방식에 기반하여 보조 시퀀스 쌍을 상기 복수의 서브캐리어에 매핑되도록 제어할 수 있다.

[0028] 또한, 상기 제어부는 동기 신호의 길이에 따라 보조 시퀀스의 개수를 결정하고, OQAM의 신호 매핑 방식에 기반하여 상기 결정된 보조 시퀀스를 상기 복수의 서브캐리어에 매핑하도록 제어할 수 있다.

[0029] 각 서브캐리어에 매핑되는 입력 값은 OQAM의 신호 매핑 방식에 따라 실수부 혹은 허수부로 인접 서브캐리어 및 인접 심볼 간 위상 차가 $\pi/2$ 이 되도록 입력 값이 설정될 수 있다. 이때, 짝수 필터와 홀수 필터는 동일한 필터를 사용할 수 있다.

[0030] 도 1을 참조하면, FBMC 시스템을 전송 신호는 다음과 같은 구조를 통해 형성된다. m번째 심볼을 구성할 변조된

N개의 신호열 ($a^{(m)}$)은 각각 홀수 번째 신호 열 ($a_o^{(m)}$)과 짝수 번재 신호열 ($a_e^{(m)}$)로 나뉜다. 각 신호열 ($a_o^{(m)}$, $a_e^{(m)}$)에 대해 K배로 샘플링 주파수를 증가 시킨 후 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)를 수행하면 변환된 신호 열($A_o^{(m)}$, $A_e^{(m)}$)이 2K번 반복된 형태의 신호 파형이 발생한다. 발생한 두 파형에 대해 필터 계수가 K인 홀수 필터(H_o)와 짝수 필터(H_e)를 각각 곱해주면 각각 홀수 심볼과 짝수 심볼이 형성되며 이를 합하여 m번째 심볼이 형성된다.

[0031] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 FBMC 시스템에서의 데이터 수신 시스템(20)의 블록도를 도시한 도면이다. 데이터 수신 시스템(20)은 동기화 유닛(200), 직렬/병렬 변환기 유닛(21), FFT(23), 병렬/직렬 변환기 유닛(24), 성상도 디매핑 유닛(25), 필터 뱅크(22)를 포함할 수 있다. 상기 데이터 수신 시스템(20)은 FBMC 통신 방법을 지원하는 전자 장치, 단말 등을 포함할 수 있다.

[0032] 데이터 송신 시스템(10)으로부터 전송되는 신호를 데이터 수신 시스템(20)은 수신할 수 있다. 상기 수신한 신호에 대하여, 동기화 유닛(200)은 도 1의 동기화 정보 생성 유닛(100)에서 생성된 신호열을 이용하여 시간 및 주파수 동기를 추정할 수 있다. 동기화 유닛(200)의 구성 및 동작은 도 도15를 통해 자세히 설명하도록 한다. 직병렬 변환기 유닛(21) 및 병/직렬 변환기 유닛(24)은 도 1의 직병렬 변환기 유닛(12) 및 병/직렬 변환기 유닛(15)와 같은 역할을 한다. 필터 뱅크(22) 블록은 수신 단을 위한 홀수 필터 및 짝수 필터를 가지고 있어 신호 분해를 위한 FFT(23) 블록의 앞 또는 뒤에서 신호열과 연산한다. 성상도 디매핑 유닛(25)은 데이터를 성상도에 따라 비트 형태로 복조한다.

[0033] 한편, 상기에서 데이터 수신 시스템(10)은 상기 데이터 수신 시스템(20)의 전반적인 동작을 제어하는 제어부 및 적어도 하나의 네트워크 노드와 통신을 수행하는 송수신부로 구성할 수도 있다. 이때, 상기 제어부는 상기 데이터 수신 시스템(20)은 동기화 유닛(200), 직렬/병렬 변환기 유닛(21), FFT(23), 병렬/직렬 변환기 유닛(24), 성상도 디매핑 유닛(25), 필터 뱅크(22)의 동작을 수행할 수 있다.

[0034] 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 제어부는 동기 신호에 대한 제1 파일럿 시퀀스를 포함하는 신호를 수신하고, 기 설정된 제1 파일럿 시퀀스 정보에 기반하여, 상기 수신 신호와 시간 영역 상관도를 연산하며, 상기 상관도 연산에 기반하여 동기 시점을 결정하고, 상기 결정된 동기 시점에 기반하여 수신 신호의 데이터를 복원하도록 제어 할 수 있다. 이때, 상기 신호의 동기 시점은 상기 제1 파일럿 시퀀스 및 상기 제1 파일럿 시퀀스의 시퀀스 상관도 손실을 보상하기 위한 보조 시퀀스에 기반하여 결정될 수 있다. 또한, 이때 상기 시스템은 FBMC 시스템일 수 있다. 상기 보조 시퀀스는 상기 복수의 필터들로 인해 상기 제 1 파일럿 시퀀스에 발생되는 필터 응답을 상쇄할 수 있다.

[0035] 상기에서 본 발명의 실시 예에 따른 데이터 수신 장치에 대하여 간단히 설명하였다. 다만 상기 데이터 수신 장치의 동작 및 기능은 이에 한정할 것이 아니라, 하기 도 3 내지 도 19를 통해 설명하는 동기화 방법에 따른 동기 신호를 식별하고 데이터를 복원하기 위한 동작을 수행할 수 있다.

[0036] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 데이터 송신 시스템(10)에서의 동기화 정보 생성 유닛(100)을 나타내는 블록도이다. 도 3에 도시된 동기화 정보 생성 유닛(100)에는 본 실시 예와 관련된 구성 요소들만이 도시되어 있다. 따라서, 도 3에 도시된 구성요소들 외에 다른 범용적인 구성요소들이 더 포함될 수 있음을 본 실시예와 관련된 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이해할 수 있다. 또한, 하기에서 동기화 생성 유닛(100)을 시퀀스 생성부(110), 동기화 제어부(120) 및 매핑부(130)으로 나누어 설명하나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 동기화 정보 생성 유닛(100)이 하나의 제어부로서 전체 동작을 제어할 수도 있다.

[0037] 도 3을 참조하면, 동기화 정보 생성 유닛(100)은 시퀀스 생성부(110), 동기화 제어부(120) 및 매핑부(130)를 포함할 수 있다.

[0038] 시퀀스 생성부(110)는 데이터 송신 시스템(10)에서 데이터 수신 시스템(20)으로 전송되는 적어도 하나의 동기화 정보를 담은 데이터 심볼을 생성한다. 여기에서, 동기화 정보는 복수개의 파일럿 시퀀스를 포함할 수 있다. 본

명세서에서는 편의상 제 1 파일럿 시퀀스 및 제 2 파일럿 시퀀스를 복수개의 파일럿 시퀀스로 예를 들어 설명하도록 한다.

[0039] 일 실시 예에 따라, 제 1 파일럿 시퀀스에는 Zadoff-chu 시퀀스가 사용될 수 있다. 다만, Zadoff-chu(ZC) 시퀀스는 본 발명의 일 실시 예일 뿐, 종래의 통신 시스템에서 동기화 검출을 위해 사용되는 여러 종류의 시퀀스들이 다양하게 사용될 수 있다.

[0040] 데이터 시퀀스에 N개의 데이터 심볼이 포함되는 경우, 예를 들어, Zadoff-chu 시퀀스는 다음의 수학식 1에 기초하여 생성된 N개의 파일럿 심볼들로 구성될 수 있다.

[0041] [수학식 1]

$$x_u(n) = e^{-j\frac{\pi un(n+1+2q)}{N_{ZC}}}$$

[0042]

[0043] 여기에서, Nzc는 시퀀스의 길이를 의미한다.

[0044] 한편, 시퀀스 생성부(110)는 제 1 파일럿 시퀀스의 특성을 고려하여, 제 2 파일럿 시퀀스를 생성할 수 있다. FBMC 시스템에서 파일럿 시퀀스를 사용하는 경우, 파일럿 시퀀스가 필터 뱅크를 통과하게 되면, 필터의 영향으로 인해 본래 가지고 있던 파일럿 시퀀스의 특성을 잃을 수 있다. 예를 들어, 제 1 파일럿 시퀀스가 Zadoff-chu 시퀀스인 경우, 제 1 파일럿 시퀀스가 필터 뱅크를 통과하면, Zadoff-chu 시퀀스의 constant amplitude zero autocorrelation의 특성이 사라지게 된다. 또한, 이웃하는 심볼로부터 간섭 영향을 받게 된다. 이러한 경우, 수신 시스템(20)에서 동기화 시간을 정확히 검출하기 어려워 데이터 송신 시스템(10) 및 수신 시스템(20)의 성능이 저하될 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 시퀀스 생성부(110)는 상기와 같은 문제를 해결하기 위해 제 1 파일럿 시퀀스가 필터 뱅크를 통과함으로 인해 발생하는 특성의 손실을 상쇄시키기 보조 시퀀스를 추가로 생성할 수 있다. 상기 보조 시퀀스는 제2 파일럿 시퀀스 일 수 있다. 제2 파일럿 시퀀스는 제1 파일럿 시퀀스가 필터 뱅크를 통과하거나, 이웃하는 심볼로부터 받는 간섭을 보상하기 위한 특성을 고려하여 생성될 수 있다.

[0045] 시퀀스 상관도(correlation)의 특징은 자신과 동일한 시퀀스와 유사도 연산시 1이 나오고, 다른 시퀀스와 유사도 연산 시 0이 나오는 특성을 이용하는 것으로 동기 추정에 효과적이다. 본 발명에서는 상기에서 언급한 바와 같이 적어도 2가지 유형의 파일럿 시퀀스를 사용할 수 있다. 제1 파일럿 시퀀스는 동기 시퀀스 일 수 있다. 제1 파일럿 시퀀스는 자체 상관관계(correlation) 특징을 이용하여 직접 동기를 추정할 수 있는 시퀀스 이다. 제2 파일럿 시퀀스 또는 보조 시퀀스는 제1 파일럿 시퀀스와 함께 쓰이며, 시간 영역에서 제1 파일럿 시퀀스의 상관관계(correlation) 특성이 유지되도록 도움을 주기 위한 시퀀스 이다.

[0046] 한편, 제 1 파일럿 시퀀스가 필터 뱅크를 통과함으로 인해 발생하는 특성의 손실을 상쇄시키기 위한 제 2 파일럿 시퀀스를 생성하기 위해서는 제 1 파일럿 시퀀스와 필터 뱅크를 구성하는 각각의 필터들의 값들을 모두 고려해야 한다. 예를 들어, 제 1 파일럿 심볼이 통과하는 시간 영역에서의 필터의 응답(H) 관련 정보 및 제 2 파일럿 심볼이 통과하는 시간 영역에서의 필터의 응답(G) 관련 정보, 제 1 파일럿 심볼을 시간 영역으로 변환한 제 1 TDM 파일럿 심볼(Z) 관련 정보를 고려할 수 있다. 상기 정보들을 고려하여, 제 2 파일럿 심볼을 시간 영역으로 변환한 제 2 TDM 파일럿 심볼(A) 관련 정보를 획득할 수 있고, 제2 TDM 파일럿 심볼 관련 정보에 기반하여 제2 파일럿 시퀀스를 생성할 수 있다.

[0047] 동기화 제어부(120)는 제 1 파일럿 시퀀스와 필터 뱅크를 구성하는 각각의 필터들의 값에 기초하여 제 2 파일럿 시퀀스를 생성하는데 기초가 되는 시퀀스 정보를 산출할 수 있다. 여기에서, 시퀀스 정보는 시퀀스 생성부(110)로 전송될 수 있다. 하기에서 언급하는 수학식 2, 3, 4와 같은 방법을 이용하여 제2 파일럿 시퀀스를 생성하는데 기초가 되는 시퀀스 정보를 산출 할 수 있다.

[0048] 한편, 동기화 제어부(120)는 시퀀스 특성 정보를 산출하는데 앞서, 제 1 파일럿 시퀀스를 구성하는 적어도 하나의 제 1 파일럿 심볼과 제 2 파일럿 시퀀스를 구성하는 적어도 하나의 제 2 파일럿 심볼의 매칭 정보를 결정할 수 있다. 후술할 매칭부(130)에서는 매칭 정보에 기초하여 복수의 서브캐리어들 각각에 적어도 하나의 제 1 파일럿 심볼 및 적어도 하나의 제 2 파일럿 심볼을 매칭시킬 수 있다.

[0049] 본 발명의 실시 예에서는 필터를 기준으로 서로 다른 파일럿 심볼을 매핑할 수 있다. 예를 들어, 필터를 기준으로 제1 파일럿 시퀀스 및 보조 파일럿 시퀀스를 나누어 매핑할 수 있다. 각 필터가 홀수 번째 서브캐리어 및 짝수 번째 서브캐리어 인덱스로 나누어 적용되는 경우, 각 필터에 대응하는 제1 파일럿 시퀀스 및 제2 파일럿 시퀀스는 각 필터가 대응하는 홀수 번째 서브캐리어 또는 짝수 번째 서브캐리어에 매핑될 수 있다. 일 실시 예에 따라, 동기화 제어부(120)는 홀수 번째 서브캐리어에는 제 1 파일럿 심볼이 매핑되고, 짝수 번째 서브캐리어에는 제 2 파일럿 심볼이 매핑되도록 매핑 정보를 생성할 수 있다. 한편, 이는 일 실시 예일 뿐, 동기화 제어부(120)에서 생성하는 매핑 정보가 전술한 실시 예에 한정되는 것은 아니다. 동기화 제어부(120)는 홀수 번째 서브캐리어에 제2 파일럿 심볼이 매핑되고, 짝수 번재 서브캐리어에 제1 파일럿 심볼이 매핑되도록 매핑 정보를 생성할 수도 있다.

[0050] 다른 실시 예에 따르면, 동기화 제어부(120)는 복수의 서브캐리어들 각각에 대응되는 필터들의 특성에 기초하여 파일럿 심볼들을 매핑할 수 있다. 예를 들면, 서로 다른 두 필터가 복수의 서브캐리어들 각각에 임의로 대응되었을 때, 제 1 파일럿 심볼 및 제 2 파일럿 심볼은 각각의 필터에 대응되는 서브캐리어들에 각각 매핑되도록 매핑 정보를 생성한다. 매핑 단계에서 제1 파일럿 시퀀스를 우선적으로 매핑할 수 있다. 제1 파일럿 시퀀스를 제1 파일럿 시퀀스가 매핑 될 첫번째 그룹에 우선적으로 매핑하는 경우, 위상 변화를 고려하지 않아도 되므로 효율적이다.

[0051] 한편, 본 발명의 실시 예에서는 매핑 정보는 2개 필터에 대한 매핑 정보를 예를 들어 설명하나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다. 다른 예에 따르면, 2개 이상의 필터가 이용될 수 있다. 2개 이상의 필터에 대해 여러 파일럿 심볼을 매핑 할 때, 동기화 정보를 담은 파일럿 심볼(제1 파일럿 시퀀스를 구성하는 심볼)이 하나의 필터에 대응이 되도록 복수의 서브캐리어에 매핑하고, 나머지 파일럿 심볼(보조 파일럿 시퀀스를 구성하는 심볼)을 나머지 서브캐리어에 매핑하는 매핑 정보를 생성할 수 있다. 이 때, 보조 파일럿으로 정의한 제 2 파일럿의 경우, 동기화 정보를 담은 파일럿에 대응되는 필터를 제외한 나머지 필터에 모두 대응이 되도록 복수의 서브캐리어에 매핑을 할 수도 있고, 그 중 하나의 필터에만 대응이 되도록 복수의 서브캐리어에 매핑을 할 수 있다.

[0052] 동기화 제어부(120)는 매핑 정보에 기초하여, 제 1 파일럿 시퀀스에 포함되는 적어도 하나의 제 1 파일럿 심볼들 중 어느 하나와 중첩되는 제 2 파일럿 심볼을 예측할 수 있다. 동기화 제어부(120)는 어느 하나의 제 1 파일럿 심볼의 필터 시간 응답에서 필터로 인한 효과를 상쇄시킬 수 있는 제 2 파일럿 심볼의 특성 정보를 생성할 수 있다. 예를 들어, 어느 하나의 제 1 파일럿 심볼의 필터 시간 응답과 예측된 제 2 파일럿 심볼의 필터 시간 응답의 합이 제 1 파일럿 시퀀스의 시간 영역에서의 특성을 유지되도록 하는 제 2 파일럿 심볼을 결정할 수 있다.

[0053] 이하에서는 제 1 파일럿 심볼의 시간 영역으로의 변환 결과를 제 1 TDM 파일럿 심볼 및 제 2 파일럿 심볼의 시간 영역으로의 변환 결과를 제 2 TDM 파일럿 심볼로 설명하도록 한다. 한편, 데이터 심볼을 시간 영역으로 변환한 결과는 TDM(time division multiplexer) 데이터 심볼로 설명하도록 한다.

[0054] 시퀀스 생성부(110)는 동기화 제어부(120)가 생성된 특성 정보에 따라 제 2 파일럿 심볼을 생성할 수 있다.

[0055] 매핑부(130)는 동기화 제어부(120)에서 생성된 매핑 정보에 기초하여, 복수의 서브캐리어들 각각에 제 1 파일럿 심볼과 제 2 파일럿 심볼을 매핑할 수 있다.

[0056] 도 4 및 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따라 복수의 서브캐리어들에 시퀀스를 매핑하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0057] 일 실시 예에 따라, 동기화 정보 생성 유닛(100)은 복수의 서브캐리어들 각각이 대응되는 필터의 특성을 고려하여 파일럿 심볼들을 매핑할 수 있다. 도 1 에서 언급한 바와 같이, 상기 동기화 정보 생성 유닛(100)은 데이터 송신 시스템의 제어부에 포함된다. 도 4는 FBMC 시스템에서 이용되는 자원을 나타낸다. 도 4를 참조하면, 세로축은 주파수 축으로, 주파수 축은 복수의 캐리어(서브 캐리어로 명명할 수도 있음)로 나누어질 수 있다. 가로축은 시간 축으로, 시간 축은 복수의 단위 시간(심볼, symbol)으로 나누어 질 수 있다.

[0058] 시간 축을 기준으로 할 때, 각 심볼 열에 대응하여 데이터 심볼 또는 또는 동기화 시퀀스 정보를 포함하는 파일럿 심볼이 매핑될 수 있다. 본 발명의 실시 예에서 동기화 시퀀스 정보를 포함하는 심볼은 복수의 파일럿 심볼을 포함할 수 있다. 상기 복수의 파일럿 심볼은 제1 파일럿 심볼 및 제2 파일럿 심볼을 포함할 수 있다. 상기 제1 파일럿 심볼 및 제2 파일럿 심볼은 FBMC 자원의 동일한 심볼 축에서 서로 다른 서브캐리어에 맵핑될 수 있다. 상기 제1 파일럿 심볼은 zadoff-chu sequence 일 수 있다. 상기 제2 파일럿 심볼은 보조 시퀀스 일 수

있다. 상기 보조 시퀀스는 제1 파일럿 시퀀스가 필터 뱅크를 통과함으로 인해 발생하는 손실을 보상하는데 이용될 수 있다.

[0059] 도 4 및 도 5의 그래프는 제1 파일럿 심볼과 제2 파일럿 심볼이 각각 대응되는 필터를 통과함으로써, 생성되는 시간 영역에서의 파형을 설명하는 도면이다.

[0060] 도 4를 참조하면, 도 4의 동일한 심볼 열에서 제1 파일럿 심볼 및 제2 파일럿 심볼이 번갈아 가며 할당될 수 있다. 예를 들어, 도 4의 복수의 서브캐리어들 각각에 대해 짝수 번째 서브캐리어들에는 제 1 파일럿 심볼(예를 들어, zadoff-chu sequence)들이 할당되고, 홀수 번째 서브캐리어들에는 제 2 파일럿 심볼(예를 들어, auxiliary sequence)들이 할당될 수 있다. 한편, 이는 일 실시 예일 뿐, 일 실시예에 다른 복수의 서브캐리어들에 시퀀스를 매핑하는 방법이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0061] 다른 예에 따라 도 5를 참조하면, 동일한 심볼 열에 서로 다른 파일럿 심볼을 연속적으로 할당할 수 있다. 동일한 심볼 열에는 n 개의 연속된 서브캐리어에 제1 파일럿 심볼을 할당하고, 다음 n 개의 연속된 서브캐리어에 제2 파일럿 심볼을 할당할 수 있다. 이때, 제1 파일럿 심볼과 제2 파일럿 심볼은 겹치지 않는다. 예를 들어, 복수의 서브캐리어들에는 3개의 서브캐리어들 간격으로 제 1 파일럿 심볼을 매핑하고, 다음으로 연속하는 3개의 서브캐리어들에 제 2 파일럿 심볼들을 매핑할 수 있다. 상기 도 4 및 도 5에서 살펴 본 바와 같이, 제1 파일럿 심볼 및 제2 파일럿 심볼을 할당하는 방법은 다양할 수 있다.

[0062]

[0063] 다음으로 도 6 내지 도 12를 참조하여, 본 발명의 실시 예에 따른 제2 파일럿 특성 정보를 산출하는 방법에 대하여 설명한다.

[0064] 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 동기화 정보 생성 유닛(100)에서 제 2 파일럿의 특성 정보를 산출하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0065] 도 6을 참조하면, 제 1 TDM 파일럿 심볼과 제 2 TDM 파일럿 심볼이 각각 대응되는 필터를 통과함으로써, 생성되는 시간 영역에서의 파형이 도시되어 있다. 일 실시 예에 따르면, 다음의 수학식 1에 기초하여, 제 2 파일럿의 특성 정보를 산출할 수 있다.

[0066] [수학식 2]

[0067] $$ZH_k + AG_k = Z$$

[0068] [수학식 3]

[0069] $$A = \frac{Z(1-H_k)}{G_k}$$

[0070] 상기 수학식 2에서, Z는 제 1 파일럿 심볼을 시간 영역으로 변환한 제 1 TDM 파일럿 심볼, H는 제 1 파일럿 심볼이 통과하는 시간 영역에서의 필터의 응답, A는 제 2 파일럿 심볼을 시간 영역으로 변환한 제 2 TDM 파일럿 심볼 및 G는 제 2 파일럿 심볼이 통과하는 시간 영역에서의 필터의 응답을 나타낸다.

[0071] 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 보조 시퀀스를 도출하는 방법을 설명하는 도면이다. 도 7을 참조하여, 보조 시퀀스를 도출하는 방법에 대하여 더욱 자세히 설명한다. 동기화 정보 생성 유닛(100)은 동기 심볼이 포함되어 있는 블록(710) 중 임의의 한 블록(711)을 선택할 수 있다. 동기화 정보 생성 유닛은 선택된 블록(711)에 대하여 전송 신호가 동기 심볼 Zm 가 되기 위한 수학식 4와 같은 등식을 계산할 수 있다.

[0072] [수학식 4]

[0073] $$Z_mH_2+A_mG_2+D^1_{m-1}H_4+D^2_{m-1}G_4+D^1_{m-2}H_6+D^2_{m-2}G_6=Zm$$

[0074] 상기 수학식 4에서, Zm는 제 1 파일럿 심볼을 시간 영역으로 변환한 제 1 TDM 파일럿 심볼, Hn는 제 1 파일럿 심볼이 통과하는 시간 영역에서의 필터의 응답, Am는 제 2 파일럿 심볼을 시간 영역으로 변환한 제 2 TDM 파일

럿 심볼, Gn는 제 2 파일럿 심볼이 통과하는 시간 영역에서의 필터의 응답 및 Dn은 데이터를 나타낸다.

[0075] 수학식 4는 데이터 관련 성분을 간섭 성분으로 치환하여 수학식 5와 같이 간단히 표현할 수 있다.

[0076] [수학식 5]

$$ZH_i + AG_i + \sum_{k=1}^{4} I_k = Z$$

[0077]

[0078] 또한, 수학식 6과 같이 보조 시퀀스를 도출할 수 있다.

[0079] [수학식 6]

$$A = \frac{Z(1-H_i) - \sum_{k=1}^{4} I_k}{G_i}$$

[0080]

[0081] 이후 도출된 보조 시퀀스를 이용하여 직병렬 변환 및 동기 정보 매핑을 수행할 수 있다. 한편, 수학식 6에서 간섭이 영향이 거의 없다고 생각하여, 간섭 성분을 0으로 가정하는 경우 수학식 3과 동일한 수학식이 된다.

[0082] 다음으로 OQAM(Offset Quadrature Amplitude Modulation)을 사용하는 FBMC 시스템에서 보조 시퀀스를 도출하는 방법에 대하여 설명한다. 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 OQAM(Offset Quadrature Amplitude Modulation)을 사용하는 FBMC 시스템의 주파수 영역 신호 매핑 방법 및 이에 따른 시간 영역의 심볼 형성을 도식화한 도면이다. OQAM을 사용하는 FBMC 시스템에서의 심볼 생성 간격은 기존의 QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 기반 FBMC 시스템에서의 심볼 생성 간격의 1/2배이다. 또한, 도 8에서와 같이 각 서브캐리어에 매핑되는 입력 값은 OQAM의 신호 매핑 방식에 따라 실수부 혹은 허수부로 인접 서브캐리어 및 인접 심볼 간 위상 차가 $\pi/2$ 이 되도록 입력 값을 설정한다. 이 때, 짝수 필터와 홀수 필터는 동일한 필터를 사용한다.

[0083] 도 9는 OQAM 기반 FBMC에서 보조 시퀀스를 이용하여 동기 심볼 Z를 만드는 과정을 도시한 도면이다. 도 8을 참고하면, 중첩되어 더해지는 심볼의 개수는 필터 계수(K)의 2배이고, 동기 심볼 생성 단위는 심볼 생성 간격으로 정할 수 있다. 이 때, 중첩되신 심볼의 부분들 중 m번째 심볼의 k번째 서브 심볼 구간의 TDM 심볼을 $S_{(k,m)} = (D_m^1 + (-1)^k D_m^2) H_k$ 로 표현할 수 있다. 이 때, 수학식 4를 참고하여 동기 심볼 Z를 만들기 위한 수학식은 다음과 같다.

[0084] [수학식 7]

$$Z = \sum_{i=0}^{K} \left[S_{(2i,2m+k-2i)} + jS_{(2i+1,2m+k-2i-1)} \right]$$

[0085]

[0086] OQAM 기반 FBMC 시스템에서는 동기 심볼 Z를 만들기 위해 보조 시퀀스의 쌍을 서브캐리어에 매핑한다. 첫 번째 보조 시퀀스는 2m번째 심볼의 짝수 번째 서브캐리어들에 매핑을 하는 동시에, 두 번째 보조 시퀀스는 2m+1번째 심볼의 짝수 번째 서브캐리어들에 매핑을 한다. 이 때, 수학식 6에 보조 시퀀스 쌍을 대입하여 전개하면 다음과 같다.

[0087] [수학식 8]

$$Z = A^1 H_k + jA^2 H_{k-1} + \underbrace{\left[(-1)^k jD_{2m}^2 H_k - (-1)^{k-1} jD_{2m+1}^2 H_{k-1} \right]}_{U^1} + \underbrace{\sum_{i=0, i\neq k}^{K} \left[S_{(2i,2m+k-2i)} + S_{(2i,2m+k-2i)} \right]}_{U^2}$$

[0088]

[0089] [수학식 9]

$$A^1 H_k + jA^2 H_{k-1} = \underbrace{Z - U^1 - U^2}_{\tilde{Z}}$$

[0090]

[0091] 수학식 9에서 A^1, A^2는 보조 시퀀스 쌍의 TDM 심볼을 나타내며, U^1은 2m번째 및 2m+1번째 심볼의 홀수 서브캐리어에 매핑되어 있는 데이터의 TDM 심볼을 나타내고 U^2은 보조 시퀀스가 매핑된 심볼과 중첩되어 있는 인접 데이터의 TDM 심볼들을 나타낸다. 이 때, 주파수 영역의 짝수 서브캐리어의 입력 값들은 실수부 (혹은 허수부) 이어야 하므로, 유도된 보조 시퀀스 쌍의 구성 값 역시 실수부가 되어야 한다. 이를 위해서 A^1, A^2가 공액대칭 (Conjugate Symmetry)의 조건을 만족해야 한다. 공액대칭의 조건과 수학식 9을 기반으로 A^1, A^2에 대한 연립 1차방정식을 풀면 보조 시퀀스 쌍의 시간 영역 값들을 수학식 8과 같이 도출 할 수 있다.

[0092] [수학식 10]

$$A^1(i)=\begin{cases}\dfrac{\mathrm{Re}\{\bar{Z}(i)\}}{H(kN/2+i)}, & i=0,N/4\\ \dfrac{H(kN/2-i)\bar{Z}(i)+H((k-1)N/2+i)\bar{Z}(N/2-i)}{H(kN/2+i)H(kN/2-i)+H((k-1)N/2+i)H((k+1)N/2-i)}, & i=1,\ldots,N/4-1\\ \{A^1(N/2-i)\}^*, & i=N/4+1,\ldots,N/2-1\end{cases}$$

[0093]

$$A^2(i)=\begin{cases}\dfrac{\mathrm{Im}\{\bar{Z}(i)\}}{H((k-1)N/2+i)}, & i=0,N/4\\ \dfrac{-H((k+1)N/2-i)\bar{Z}(i)+H(kN/2+i)\bar{Z}(N/2-i)}{H(kN/2+i)H(kN/2-i)+H((k-1)N/2+i)H((k+1)N/2-i)}, & i=1,\ldots,N/4-1\\ \{A^2(N/2-i)\}^*, & i=N/4+1,\ldots,N/2-1\end{cases}$$

[0094]

[0095] 수학식 10의 Re{.} 및 Im{.}은 실수부 및 허수부만 검출하는 오퍼레이터이고 전체 길이를 N, {}*은 복소수 공액을 위한 오퍼레이터이다. 수학식 8을 바탕으로 퓨리에 변환을 하면 주파수 영역에서의 보조 시퀀스 쌍을 도출할 수 있다.

[0096] 도 10는 OQAM 기반 FBMC에서 보조 시퀀스를 이용하여 길이의 제약을 받지 않고 동기 심볼 Z를 만드는 과정을 도시한 도면이다. 예를 들어, 도 9의 길이보다 2배 더 긴 동기 심볼 Z를 생성하는 경우에 각각의 심볼이 중첩되어 더해지는 관계식을 살펴본다. Z의 앞 절반에 대한 부분과 뒷 절반에 대한 부분으로 각각 수학식 7과 같이 관계식을 유도할 수 있다. 이 때, 총 4개의 서로 다른 보조 시퀀스 그룹 A^1, A^2, A^3, A^4이 2m번째 및 2m+1번째 심볼의 짝수 서브캐리어 및 홀수 서브캐리어에 각각 매핑이 되며, 수학식 9을 바탕으로 4개의 변수가 있는 2개의 1차식을 유도할 수 있다. 이 때, A^1, A^2, A^3, A^4들은 모두 공액대칭 성질을 가지고 있으며, 이를 적용하여 연립 1차 방정식을 풀어 각 보조 시퀀스를 도출한다. 상기 방식은 단순히 동기 심볼 길이가 2배에 한정되지 않으며 더 L배 긴 동기 심볼을 생성할 시에는, L개의 관계식과 2L개의 보조 시퀀스 그룹을 설정하여 상기 방식과 동일하게 도출할 수 있다. 이와 같은 방법으로 동기 신호의 길이에 따라 보조 시퀀스의 개수를 결정할 수 있다. 또한, 결정된 보조 시퀀스는 OQAM의 신호 매핑 방식에 기반하여 서브캐리어에 매핑될 수 있다.

[0097] 다음으로 도 11을 참조하여 간섭 성분이 적은 타겟 블록을 선택하는 방법에 대하여 설명한다. 상기 수학식 2에서, k는 제 1 파일럿의 시간 응답 파형을 가진 블록의 블록번호를 나타낸다. 제 1 파일럿 심볼은 주변의 데이터 심볼과 중첩되기 때문에, 데이터 심볼의 간섭을 덜 받기 위한 최적의 k를 선택해야 한다. 데이터 심볼의 간섭 성분이 가장 적은 블록k를 선택하기 위해 BSIR (Block Signal power to Interference power Ratio)을

정의한다. 각 블록 별로 BSIR을 구한 후, 비교하여 가장 큰 BSIR을 가진 블록의 순번을 k로 선택한다. 제 1 파일럿 심볼을 포함하는 심볼을 타겟 심볼라고 할 때, BSIR은 타겟 심볼을 제외한 간섭 역할을 하는 데이터 심볼(제1 파일럿 심볼과 중첩되는 데이터 심볼)의 파워 합 대비 타겟 심볼의 파워를 나타낸다. 즉, 각 블록에서 간섭 심볼 대비 타겟 심볼(k)의 파워인 BSIR이 최대인 블록을 선택하여, 간섭 성분이 가장 적은 타겟 블록을 선택할 수 있다.

[0098] BSIR은 하기 수학식 11과 같은 방법을 이용하여 결정할 수 있다.

[0099] [수학식 11]

$$BSIR_3 = \frac{\| Z_m H_3 \| + \| A_m G_3 \|}{\| D^1_{m-1} H_5 \| + \| D^2_{m-1} G_5 \| + \| D^1_{m+1} H_1 \| + \| D^2_{m+1} G_5 \|}$$

[0100]

[0101] 다음으로 도 12를 참조하여 간섭 성분을 평균 값으로 근사하여 보조 시퀀스를 더욱 정확하게 계산하는 방법에 대하여 설명한다.

[0102] 도 12의 다른 예에 따르면, 선택된 k번째 블록에 대하여 주변의 데이터 심볼을 근사화 하면 다음 수학식8에 기초하여 더 정교한 제 2 파일럿 심볼을 산출할 수 있다.

[0103] [수학식 12]

$$A = \frac{Z(1 - H_k - \sum_{i=1}^{K-1} H_{\mathrm{mod}(k+2+i,sK)} + G_{\mathrm{mod}(k+2i,sK)})}{G_k}$$

[0104]

[0105] 간섭 성분 중 데이터는 임의의로 변할 수 있다. 동기화 정보를 포함하는 블록 내 데이터 파워의 평균은 동일하다고 가정하면, 필터 파워만으로 간섭 심볼의 shape을 결정할 수 있다. 따라서 도 11에서는 필터 파워로 간섭의 근사 값을 도출한 후 보조 심볼을 도출하는 방법을 제공한다.

[0106] 동기화 정보 생성 유닛(100)은 수학식 2 혹은 수학식 12에 기초하여 제 1 TDM 파일럿 심볼의 필터 응답과 제 2 TDM 파일럿 심볼의 필터 응답을 더함으로써, 제 1 TDM 파일럿 심볼이 산출되도록 하는 제 2 TDM 파일럿 심볼에 관한 특성 정보를 산출할 수 있다. 동기화 정보 생성 유닛(100)은 산출한 특성 정보에 기초하여, 제 2 파일럿 심볼을 생성할 수 있다.

[0107]

[0108] 도 13은 본 발명의 일 실시 예에 따른 동기화 정보를 생성하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0109] 단계 S1310에서, 동기화 정보 생성 유닛(100)은 데이터 송신 시스템 시스템(10)에 포함된 복수의 필터들에 관한 정보를 획득한다. 상기 복수의 필터들에 대한 정보는 제 1 파일럿 심볼이 통과하는 시간 영역에서의 필터의 응답(H) 관련 정보 및 제 2 파일럿 심볼이 통과하는 시간 영역에서의 필터의 응답(G) 관련 정보를 포함할 수 있다. 또한, 제 1 파일럿 심볼을 시간 영역으로 변환한 제 1 TDM 파일럿 심볼(Z) 관련 정보를 획득할 수 있다.

[0110] 단계 S1320에서, 동기화 정보 생성 유닛(100)은 제 1 파일럿 시퀀스 관련 정보와 획득된 복수의 필터들에 관한 정보에 기초하여 제 2 파일럿 시퀀스를 생성한다. 제1 파일럿 시퀀스와 복수의 필터들에 관한 정보에 기초하여 제 2 파일럿 심볼을 시간 영역으로 변환한 제 2 TDM 파일럿 심볼(A) 관련 정보를 획득할 수 있다. 제2 TDM 파일럿 심볼 관련 정보에 기반하여 제2 파일럿 시퀀스를 생성할 수 있다. 제2 시퀀스를 생성하는 구체적인 방법은 도 6 내지 도 12의 설명을 참조한다.

[0111] 단계 S1330에서, 동기화 정보 생성 유닛(100)은 제 1 파일럿 시퀀스와 제 2 파일럿 시퀀스를 데이터 송신기에서 송신되는 적어도 하나의 데이터 심볼에 매핑한다. 매핑 방법은 도 4 및 도 5의 설명을 참조한다.

[0112] 도 14은 본 발명의 동기화 정보 생성 및 데이터 전송 방법을 설명하는 흐름도이고, 도 15는 본 발명의 일 실시 예에 따른 동기화 정보 생성 및 데이터 전송 방법을 설명하는 도면이다.

[0113] 도 14 및 도 15를 참조하면, 데이터 송신 장치는 데이터 수신 장치로 전송할 데이터를 생성하고, 생성된 데이터에 성상도 매핑을 할 수 있다(S1410). 데이터 송신 장치는 데이터 수신 시스템으로 전송하고자 하는 데이터를 생성할 수 있다. 상기 데이터는 비트 형태의 데이터로, 비트 스트림 일 수 있다. 데이터 송신 장치는 상기 비트 형태의 데이터를 각 성상도에 따른 데이터로 변조한다.

[0114] 데이터 송신 장치는 직병렬 변환을 수행할 수 있다(S1420). 데이터 송신 장치는 다음 연산을 위해 직렬 데이터 열을 병렬 데이터 구조로 변환한다.

[0115] 데이터 송신 장치는 동기 시퀀스를 생성할 수 있다(S1430). 동기 시퀀스는 상기 에서 언급한 제1 파일럿 시퀀스 일 수 있다. 동기 시퀀스는 자체 상관도(correlation) 특징을 이용하여 직접 동기를 추정할 수 있는 시퀀스 이다.

[0116] 데이터 송신 장치는 보조 시퀀스를 생성할 수 있다(S1440). 보조 시퀀스는 제1 파일럿 시퀀스와 함께 쓰이며, 시간 영역에서 제1 파일럿 시퀀스의 상관관계(correlation) 특성이 유지되도록 도움을 주기 위한 시퀀스 이다. 보조 시퀀스를 생성하는 방법은 상기 도 6 내지 도 12에서 설명한 방법을 이용할 수 있다.

[0117] 시퀀스 상관도(correlation)의 특징은 자신과 동일한 시퀀스와 유사도 연산시 1이 나오고, 다른 시퀀스와 유사도 연산 시 0이 나오는 특성을 이용하는 것으로 동기 추정에 효과적이다. 본 발명에서는 상기에서 언급한 바와 같이 적어도 2가지 유형의 파일럿 시퀀스를 사용할 수 있다. 제1 파일럿 시퀀스는 동기 시퀀스 일 수 있다. 제1 파일럿 시퀀스는 자체 상관관계(correlation) 특징을 이용하여 직접 동기를 추정할 수 있는 시퀀스 이다. 제2 파일럿 시퀀스 또는 보조 시퀀스는 제1 파일럿 시퀀스와 함께 쓰이며, 시간 영역에서 제1 파일럿 시퀀스의 상관관계(correlation) 특성이 유지되도록 도움을 주기 위한 시퀀스 이다.

[0118] 한편, 제 1 파일럿 시퀀스가 필터 뱅크를 통과함으로 인해 발생하는 특성의 손실을 상쇄시키기 위한 제 2 파일럿 시퀀스를 생성하기 위해서는 제 1 파일럿 시퀀스와 필터 뱅크를 구성하는 각각의 필터들의 값들을 모두 고려해야 한다. 예를 들어, 제 1 파일럿 심볼이 통과하는 시간 영역에서의 필터의 응답(H) 관련 정보 및 제 2 파일럿 심볼이 통과하는 시간 영역에서의 필터의 응답(G) 관련 정보, 제 1 파일럿 심볼을 시간 영역으로 변환한 제 1 TDM 파일럿 심볼(Z) 관련 정보를 고려할 수 있다. 상기 정보들을 고려하여, 제 2 파일럿 심볼을 시간 영역으로 변환한 제 2 TDM 파일럿 심볼(A) 관련 정보를 획득할 수 있고, 제2 TDM 파일럿 심볼 관련 정보에 기반하여 제2 파일럿 시퀀스를 생성할 수 있다.

[0119] 데이터 송신 장치는 생성된 데이터에 동기 시퀀스와 보조 시퀀스를 매핑할 수 있다(S1450). 도 15를 참조하면, 예를 들어, 두 종류의 필터를 이용하여 직병렬 변환 및 동기 정보를 매핑하는 예시를 설명하고 있다. 그룹1(필터 1이 사용되는 서브캐리어 그룹)에는 동기 시퀀스를 이용하여 매핑하고, 그룹2(필터 2가 사용되는 서브캐리어 그룹)에는 보조 시퀀스를 이용하여 매핑할 수 있다.

[0120] 데이터 송신 장치는 매핑된 신호 열에 대해서 IFFT를 수행할 수 있다(S1460). 예를 들어, 도 15에서 설명하는 바와 같이 IFFT를 수행할 수 있다. 데이터 송신 장치는 IFFT 이 후 나온 병렬 구조의 신호열을 직렬 구조로 변환할 수 있다.

[0121] 데이터 송신 장치는 필터를 이용하여 필터링을 수행할 수 있다(S1470). FBMC 시스템은 필터 과정을 통해 신호에 서로 다른 필터 계수들과 곱해진 형태의 심볼(symbol)들을 중첩하여 전송할 수 있다. 필터링을 통하여 각 그룹에 대한 m 번째 심볼 열을 구할 수 있다. 필터링을 위한 필터 뱅크 블록은 송신 단을 위한 홀수 필터 및 짝수 필터를 가지고 있으며, 신호 합성을 위한 IFFT 블록 앞 또는 뒤에서 신호열과 연산할 수 있다.

[0122] 데이터 송신 장치는 상기 과정을 거친 신호를 데이터 수신 장치로 전송할 수 있다(S1480). FBMC에서는 상기 도 15에서 도시하는 바와 신호 열을 중첩하여 전송할 수 있다. 상기 중첩되는 신호 중 동기 정보를 포함하는 블록의 적어도 하나의 블록은 동기 상관도 특성을 가져야 하며, 이를 통해 수신 장치에서 동기를 획득할 수 있다.

[0123] 도 16은 본 발명의 일 실시 예에 따른 데이터 송신 시스템(10)에서의 동기화 정보 생성 유닛(100)을 설명하는 블록도이다. 도 16에 도시된 동기화 정보 생성 유닛(100)에는 본 실시 예와 관련된 구성 요소들만이 도시되어 있다. 따라서, 도 16에 도시된 구성요소들 외에 다른 범용적인 구성요소들이 더 포함될 수 있음을 본 실시 예와 관련된 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이해할 수 있다.

[0124] 도 16를 참조하면, 다른 실시 예에 따른 동기화 정보 생성 유닛(100)은 시퀀스 생성부(110), 동기화 제어부(120), 매핑부(130) 및 메모리(140)를 포함할 수 있다.

[0125] 시퀀스 생성부(110)는 데이터 송신 시스템(10)에서 데이터 수신 시스템(20)으로 전송되는 적어도 하나의 데이터

심볼에 관한 동기화 정보를 생성한다. 여기에서, 동기화 정보는 복수개의 파일럿 시퀀스를 포함할 수 있다.

[0126] 한편, 도 16의 시퀀스 생성부(110)는 도 3의 시퀀스 생성부(110)와 대응 가능하다. 도 3은 data independent system 이고, 도 13은 data dependent system 이다.

[0127] 동기화 제어부(120)는 제 1 파일럿 시퀀스의 특성과 필터 뱅크를 구성하는 각각의 필터들의 특성에 기초하여 제 2 파일럿 시퀀스를 생성하는데 기초가 되는 시퀀스 특성 정보를 산출할 수 있다. 여기에서, 시퀀스 특성 정보는 시퀀스 생성부(110)로 전송될 수 있다.

[0128] 한편, 동기화 제어부(120)는 시퀀스 특성 정보를 산출하는데 앞서, 제 1 파일럿 시퀀스를 구성하는 적어도 하나의 제 1 파일럿 심볼과 제 2 파일럿 시퀀스를 구성하는 적어도 하나의 제 2 파일럿 심볼의 매칭 정보를 결정할 수 있다.

[0129] 한편, 도 16의 동기화 제어부(120)는 도 3의 동기화 제어부(120)와 대응 가능하다.

[0130] 매핑부(130)는 동기화 제어부(120)에서 생성된 매핑 정보에 기초하여, 복수의 서브캐리어들 각각에 제 1 파일럿 심볼과 제 2 파일럿 심볼을 매핑할 수 있다.

[0131] 한편, 도 16의 매핑부(130)는 도 3의 매핑부(130)와 대응 가능하다.

[0132] 메모리(140)는 데이터 송신 시스템(10)에서 수신 시스템(20)으로 전송되는 적어도 하나의 데이터 심볼에 관한 정보를 포함할 수 있다. 예를 들어, 메모리(140)는 제 1 TDM 파일럿 심볼과 제 2 TDM 파일럿 심볼과 중첩되는 적어도 하나의 TDM 데이터 심볼에 관한 정보를 포함할 수 있다.

[0133] 메모리(140)는 제 1 TDM 파일럿 심볼과 제 2 TDM 파일럿 심볼과 중첩되는 적어도 하나의 TDM 데이터 심볼에 관한 정보를 동기화 제어부(120)에 전송할 수 있다.

[0134] 동기화 제어부(120)는 수신한 적어도 하나의 TDM 데이터 심볼에 관한 정보를 고려하여, 제 2 파일럿에 관한 특성 정보를 산출할 수 있다. 예를 들어, 동기화 제어부(120)는 어느 하나의 제 1 파일럿 심볼의 필터 시간 응답과 예측된 제 2 파일럿 심볼의 필터 시간 응답 및 적어도 하나의 TDM 데이터 심볼의 필터 시간 응답의 합이 제 1 파일럿 시퀀스의 시간 영역에서의 특성을 유지되도록 하는 제 2 파일럿 심볼을 결정할 수 있다. 한편, 상기에서 동기화 정보 생성 유닛(100)을 구성하는 각 구성요소를 시퀀스 생성부(110), 동기화 제어부(120), 매핑부(130) 및 메모리(140)로 나누어 각 구성 요소의 기능 및 동작에 대하여 설명하였으나, 이는 일 실시 예일 뿐 반드시 이에 한정되지 않는다. 즉, 시퀀스 생성부(110), 동기화 제어부(120), 매핑부(130) 및 메모리(140)가 수행하는 동작을 동기화 정보 생성 유닛(100)이 수행하는 것으로 설정할 수 있으며, 상기 동기화 정보 생성 유닛을 포함하는 제어부의 동작으로 구성할 수도 있다.

[0135] 도 17은 본 발명의 일 실시 예에 따른 동기화 정보 생성 유닛(100)이 동기화 정보를 생성하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0136] 단계 S1710에서, 동기화 정보 생성 유닛(100)은 데이터 송신 시스템 시스템(10)에 포함된 복수의 필터들에 관한 정보를 획득한다. 상기 복수의 필터들에 대한 정보는 제 1 파일럿 심볼이 통과하는 시간 영역에서의 필터의 응답(H) 관련 정보 및 제 2 파일럿 심볼이 통과하는 시간 영역에서의 필터의 응답(G) 관련 정보를 포함할 수 있다.

[0137] 단계 S1720에서, 동기화 정보 생성 유닛(100)은 적어도 하나의 데이터 심볼에 관한 동기화 정보를 검출하기 위한 제 1 파일럿 시퀀스를 생성한다.

[0138] 단계 S1730에서, 동기화 정보 생성 유닛(100)은 생성된 제 1 파일럿 시퀀스, 데이터 심볼 및 필터의 특성에 기초하여 제 2 파일럿 시퀀스를 생성한다. 제1 파일럿 시퀀스와 복수의 필터들에 관한 정보에 기초하여 제 2 파일럿 심볼을 시간 영역으로 변환한 제 2 TDM 파일럿 심볼(A) 관련 정보를 획득하고, 획득된 제2 TDM 파일럿 심볼 관련 정보에 기반하여 제2 파일럿 시퀀스를 생성할 수 있다.

[0139] 단계 S1740에서, 동기화 정보 생성 유닛(100)은 제 1 파일럿 시퀀스와 제 2 파일럿 시퀀스를 적어도 하나의 데이터 심볼에 매핑한다. 본 발명의 실시 예에서는 제1 파일럿 시퀀스를 보완하기 위한 보조 파일럿 시퀀스(제2 파일럿 시퀀스)를 생성하여 매핑할 수 있다. 보조 파일럿 시퀀스를 이용하여 시간 영역에서 제1 파일럿 시퀀스 특징을 갖도록 할 수 있다. 또한, 시퀀스 매핑 시 필터 별로 동기 시퀀스 및 보조 시퀀스를 각각 매핑할 수 있다. 제1 파일럿 시퀀스와 제2 파일럿 시퀀스를 매핑하는 방법은 도 4 및 도 5에서 설명한 방법을 이용할 수 있다.

[0140] 도 18은 본 발명의 일 실시 예에 따라 데이터 수신 시스템(20)에서의 동기화 유닛(200)의 블록도이다. 도 15에 도시된 동기화 유닛(200)에는 본 실시 예와 관련된 구성 요소들만이 도시되어 있다. 따라서, 도 15에 도시된 구성요소들 외에 다른 범용적인 구성요소들이 더 포함될 수 있음을 본 실시 예와 관련된 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이해할 수 있다.

[0141] 도 18을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 동기화 유닛(200)은 시퀀스 정보 획득부(210), 상관계수 검출부(220) 및 동기화 정보 검출부(230)를 포함할 수 있다.

[0142] 시퀀스 정보 획득부(210)는 일 실시 예에 따른 데이터 송신 시스템(10)으로부터 제 1 파일럿 시퀀스에 관한 정보를 획득한다.

[0143] 상관 계수 검출부(220)는 획득한 제 1 파일럿 시퀀스에 관한 정보에 기초하여, 데이터 송신 시스템(10)으로부터 수신하는 TDM 파일럿 심볼들과 제 1 파일럿 시퀀스에 관한 정보를 기초로 생성한 제 1 TDM 파일럿 심볼들간에 상관 계수를 각각 검출한다.

[0144] 동기화 정보 검출부(230)는 검출된 상관 계수들에 대한 정보를 기초로, 상관 계수 값이 가장 높은 값을 갖는 지점을 동기화 시점으로 검출한다.

[0145] 한편, 상기에서 동기화 유닛(100)을 구성하는 각 구성요소를 시퀀스 정보 획득부(210), 상관계수 검출부(220) 및 동기화 정보 검출부(230)로 나누어 각 구성 요소의 기능 및 동작에 대하여 설명하였으나, 이는 일 실시 예일 뿐 반드시 이에 한정되지 않는다. 즉 시퀀스 정보 획득부(210), 상관계수 검출부(220) 및 동기화 정보 검출부(230)가 수행하는 동작을 동기화 유닛(200)이 수행하는 것으로 설정할 수 있으며, 상기 동기화 정보 생성 유닛을 포함하는 제어부의 동작으로 구성할 수도 있다.

[0146] 도 19는 본 발명의 일 실시 예에 따른 동기화 유닛에서 동기화 시점을 검출하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0147] 단계 S1910에서, 동기화 유닛(200)은 적어도 하나의 심볼 데이터에 관한 동기화 정보를 검출하기 위한 제 1 파일럿 시퀀스에 관한 정보를 획득한다. 제1 파일럿 시퀀스에 대한 정보는 데이터 송신 장치로부터 획득할 수 있다. 또한, 제1 파일럿 시퀀스에 대한 정보는 상위 노드로부터 수신하거나, 수신 장치에 기 설정된 정보로 저장되어 있을 수도 있다. 제1 파일럿 시퀀스에 대한 정보는 데이터 송신 장치로부터 수신하는 TDM 파일럿 심볼과 제1 파일럿 시퀀스의 상관 계수 검출에 이용하는 제1 TDM 파일럿 심볼을 생성하기 위한 정보를 포함할 수 있다.

[0148] 단계 S1920에서, 동기화 유닛(200)은 데이터 송신 시스템으로부터 수신하는 TDM 파일럿 심볼들과 제 1 파일럿 시퀀스에 관한 정보를 기초로 생성한 제 1 TDM 파일럿 심볼들간에 상관 계수를 각각 검출한다.

[0149] 단계 S1930에서, 동기화 유닛(200)은 검출된 상관 계수들에 대한 정보를 기초로, 상관 계수 값이 가장 높은 값을 갖는 지점을 동기화 시점으로 검출한다.

[0150] 시퀀스 상관도(correlation)의 특징은 자신과 동일한 시퀀스와 유사도 연산시 1이 나오고, 다른 시퀀스와 유사도 연산 시 0이 나오는 특성을 이용하는 것이다. 데이터 수신 장치는 데이터 송신 장치로부터 수신하는 제1 파일럿 시퀀스의 TDM 심볼과, 제1 시퀀스 관련 정보로부터 생성한 제1 TDM 심볼을 이용하여 검출한 상관 계수가 가장 높은 지점을 동기화 시점으로 검출할 수 있다. FBMC 시스템에서는 필터의 영향으로 필터링 과정에서 상관도 특성이 변경되거나, 간섭의 영향으로 상관도 특성이 유지되지 문제점이 있었다. 본원 발명에서는 데이터 송신 장치에서 신호 송신 시 필터링에 따른 상관도 특성 및 간섭의 영향에 따라 상관도 특성이 변경되는 문제점을 해결하기 위한 보조 시퀀스를 이용하여 매핑된 신호를 전송한다. 따라서 보조 시퀀스가 적용된 신호를 수신한 데이터 수신 장치에서 상관 계수를 이용하여 동기화 시점을 용이하게 검출할 수 있다.

[0151] 도 20은 본 발명의 일 실시 예에 따른 동기화 시점 검출 및 데이터 수신 방법을 설명하는 흐름도이고, 도 21은 본 발명의 일 실시 예에 따른 동기화 시점 검출 및 데이터 수신 방법을 설명하는 도면이다.

[0152] 도 20 및 도 21을 참조하면, 데이터 수신 장치는 데이터 송신 장치로부터 신호를 수신할 수 있다(S2110). 상기 수신 신호는 데이터 송신 장치에서 제1 파일럿 시퀀스의 TDM 심볼 및 보조 파일럿 시퀀스의 TDM 심볼에 의해 동기 시점이 결정된 신호일 수 있다.

[0153] 데이터 수신 장치는 상기 수신 신호에 대해서 동기 심볼 상관도 연산을 수행할 수 있다(S2120). 동기 심볼 상관도 연산은 상기 수신 신호 및 제1 파일럿 시퀀스의 TDM 심볼을 이용하여 수행할 수 있다. 상기 수신 신호 중 동기 정보를 포함하는 각 블록에 대해서 상관도 연산을 수행할 수 있다. 복수의 블록 중 상관도 연산의 수치가 가장 큰 값을 동기 시점으로 판단할 수 있다. 예를 들어, 도 18을 참조하면, 복수의 블록에 대해서 제1 파일럿 시퀀스의 TDM 심볼인 Z를 이용하여 상관도 검사를 수행한다. q 번째 블록에서 상관도 연산 결과가 가장 높게 나온다면, q 번째 블록을 동기 시점으로 결정할 수 있다.

[0154] 데이터 수신 장치는 상기 동기 시점을 결정하여 프레임 시작점을 식별할 수 있다(S2130). 데이터 수신 장치는 결정된 동기 시점과, q 번째 블록의 정보를 이용하여 프레임 시작점을 식별할 수 있다. 도 21을 참조하면, 프레임 시작점을 알 수 있다.

[0155] 데이터 수신 장치는 프레임 시작점에서 수신단을 필터링할 수 있다(S2141). 데이터 수신 장치는 프레임 시작점으로부터 FFT를 수행할 수 있다(S2142). 또한, 데이터 수신 장치는 FFT 수행 결과에 기반하여 주파수 영역 유사도 연산을 수행할 수 있다(S2143). 데이터 수신 장치는 주차수 영역 유사도 연산 결과에 기반하여 캐리어 주파수와 오차를 수정할 수 있다(S2144). 데이터 수신 장치는 정수배 주파수 오차 보상을 할 수 있다(S2155).

[0156] 데이터 수신 장치는 식별된 프레임 시작점으로부터 다음 데이터 시작점을 식별할 수 있다(S2151). 도 21을 참조하면, 프레임의 데이터 시작점을 도시하고 있다. 데이터 수신 장치는 식별된 데이터 시작점에서부터 수신단을 필터링 할 수 있다(S2152).

[0157] 데이터 수신 장치는 FFT를 수행할 수 있다(S2160).

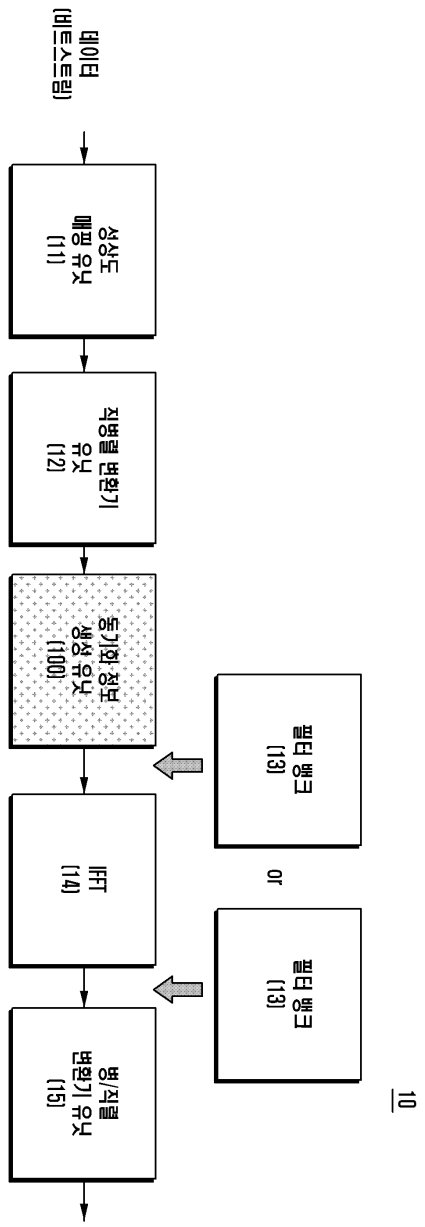
[0158] 데이터 수신 장치는 FFT 수신 결과에 기반하여 병직렬 변환 및 성상도 디 매핑을 수행할 수 있다(S2170). 데이터 수신 장치는 상기 병직렬 변환 및 성상도 디 매핑 결과에 기반하여 데이터 송신 장치로부터 수신한 데이터를 복원할 수 있다(S2180).

[0159] 도 22는 본 발명의 일 실시 예에 따른 동기화 유닛에서 검출한 동기화 시점 및 동기화 주파수를 나타내는 그래프이다. 도 22를 참조하면, 상관도 연산 결과를 나타내는 그래프를 볼 수 있다. 도 22에는 특정 시점에 peak가 발생하는 것을 관찰할 수 있다. 따라서 본 발명의 실시 예에 따르면, FBMC 시스템에서 상관도 특성이 좋은 시퀀스를 제공하고, 이를 통해 FBMC 시스템에서 동기 운영이 가능하도록 신호열 매핑 및 보조 시퀀스 운영 방법이 제공될 수 있음을 확인할 수 있다.

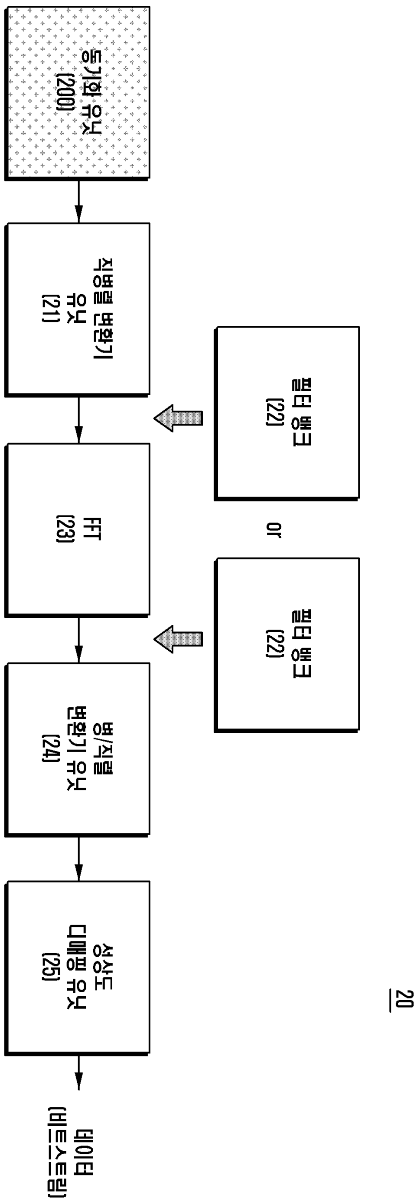
[0160] 이상 설명한 바와 같이 본 발명은 비록 한정된 실시 예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시 예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

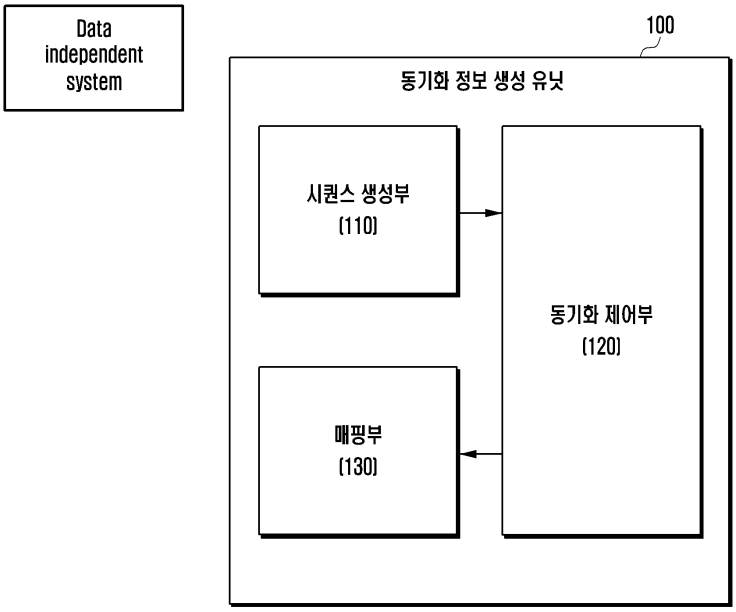
도면1


데이터
(비트스트림)
상상도
매핑 유닛
[11]
직교렬 변환기
유닛
[12]
동기화 정보
생성 유닛
[100]
프리픽스
[13]
or
프리픽스
[13]
IFFT
[14]
병/직렬
변환기 유닛
[15]
10

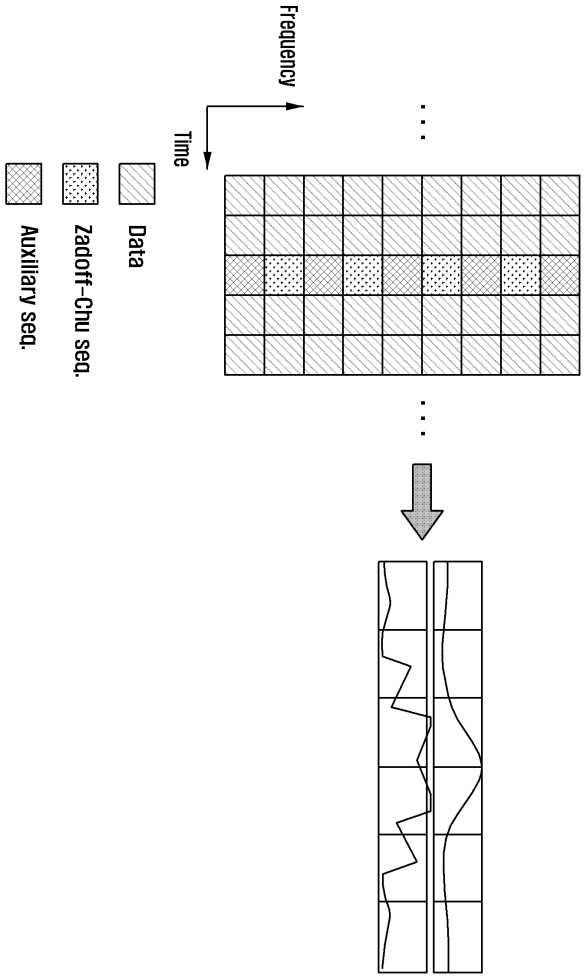
도면2


동기화 유닛
[200]
직병렬 변환기
유닛
[21]
필터 뱅크
[22]
or
필터 뱅크
[22]
FFT
[23]
병/직렬
변환기 유닛
[24]
성상도
디매핑 유닛
[25]
데이터
(비트스트림)
20

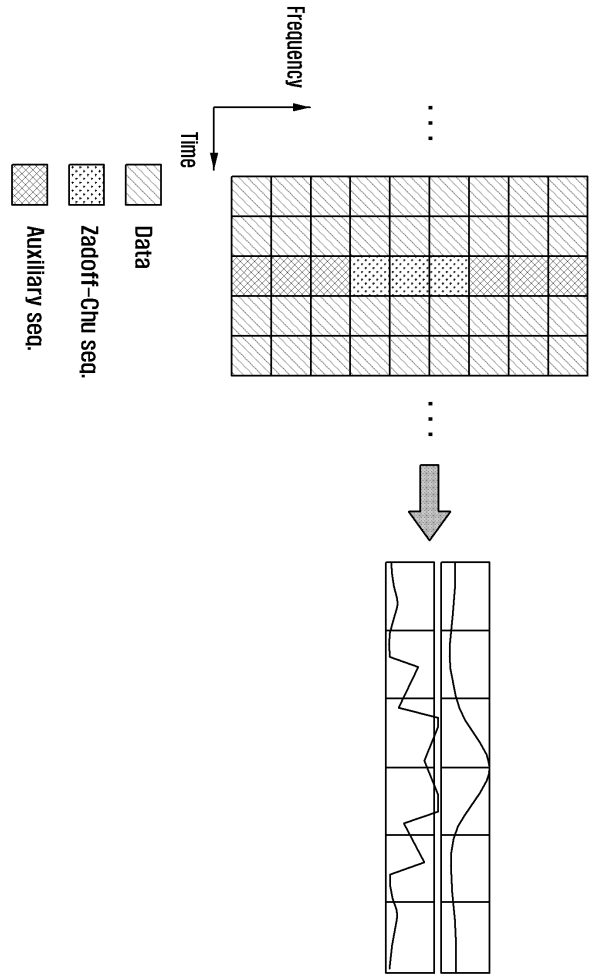
도면3


Data independent system
100
동기화 정보 생성 유닛
시퀀스 생성부 (110)
동기화 제어부 (120)
매핑부 (130)

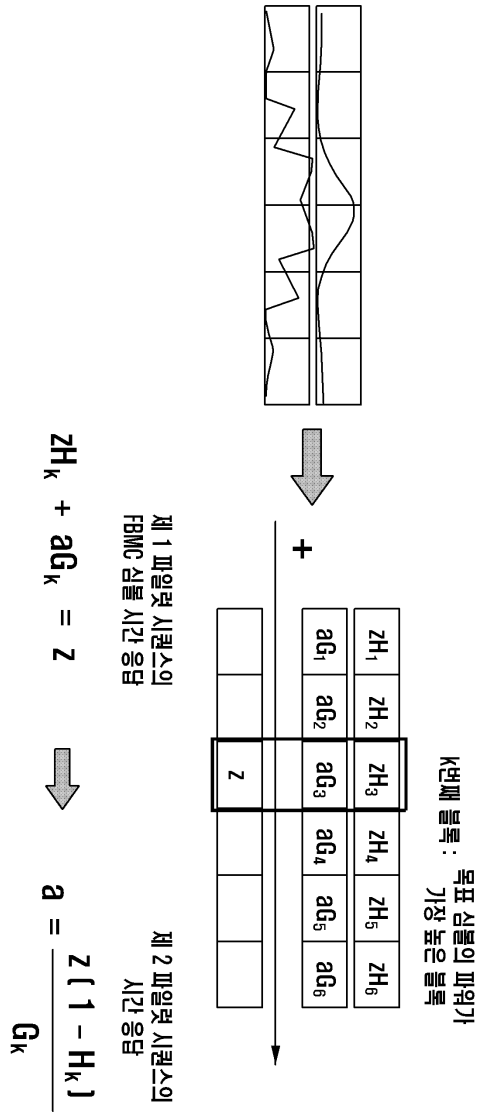
도면4


Frequency
Time
Auxiliary seq.
Zadoff-Chu seq.
Data

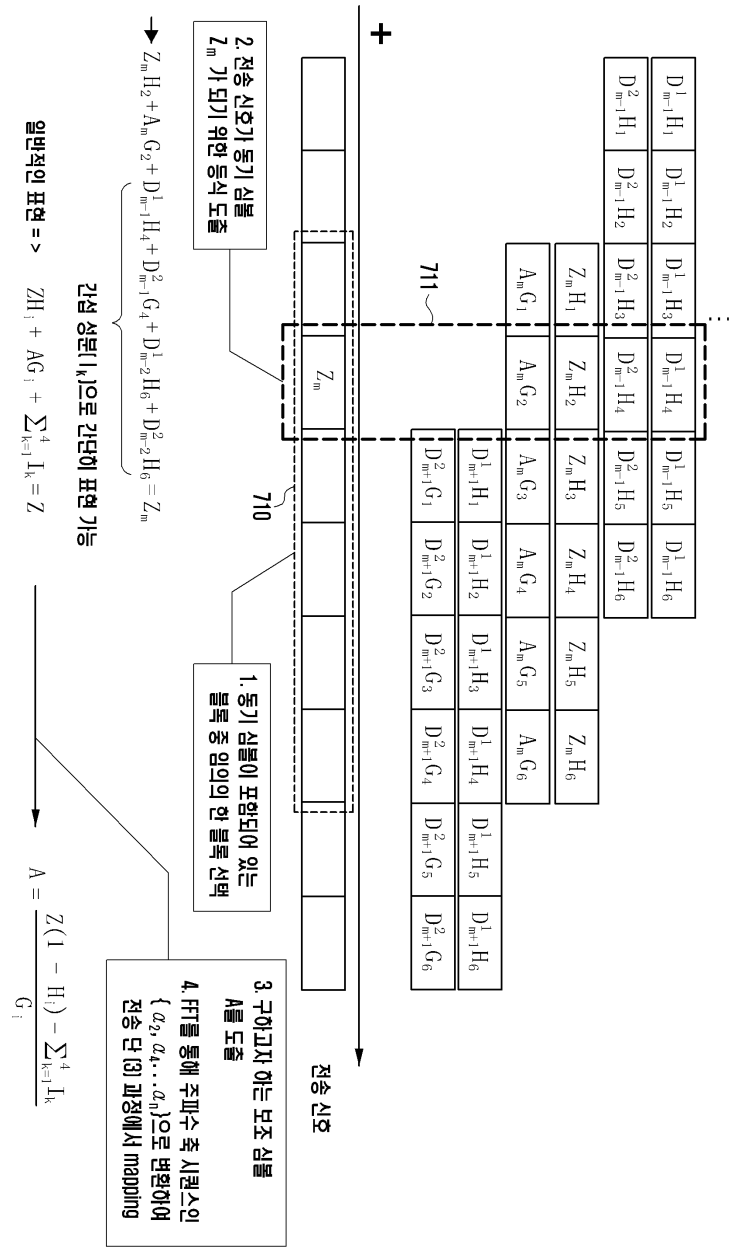
도면5



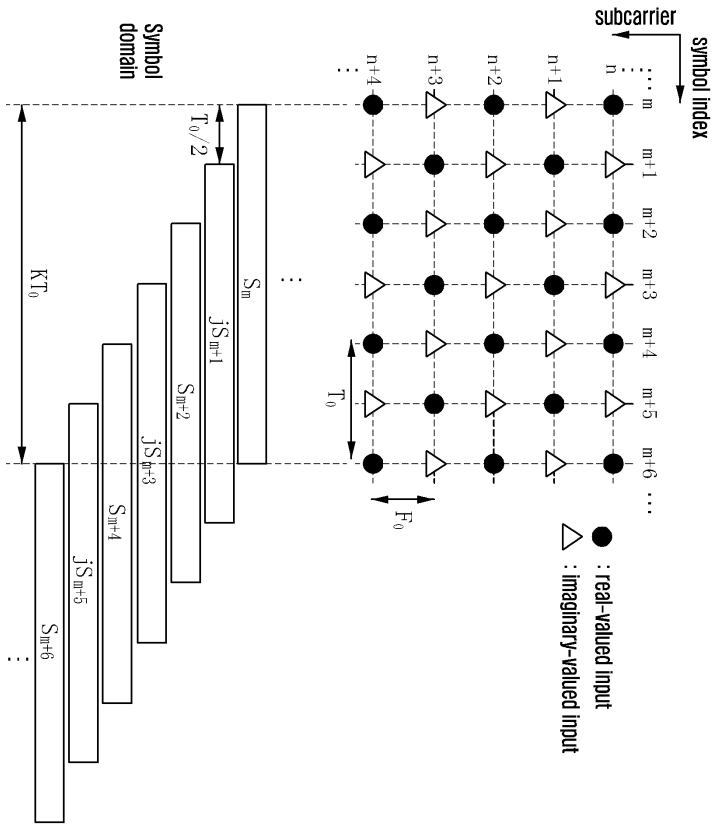
도면6


제 1 파일럿 시퀀스의
FBMC 심볼 시간 응답
$zH_k + aG_k = z$
제 2 파일럿 시퀀스의
시간 응답
$a = \frac{z[1 - H_k]}{G_k}$
z
aG_1 aG_2 aG_3 aG_4 aG_5 aG_6
zH_1 zH_2 zH_3 zH_4 zH_5 zH_6
+
k번째 블록 : 목표 심볼의 파워가
가장 높은 블록

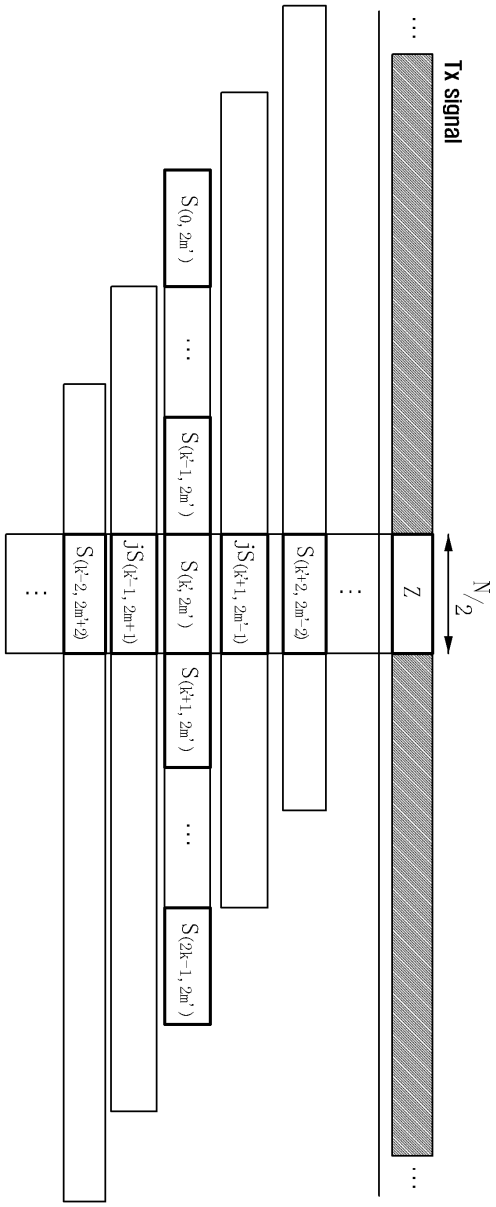
도면7


전송 신호
711
710
2. 전송 신호가 동기 심볼 Zm 가 되기 위한 등식 도출
1. 동기 심볼이 포함되어 있는 블록 중 임의의 한 블록 선택
3. 구하고자 하는 보조 심볼 A를 도출
4. FFT를 통해 주파수 축 시퀀스인 {a2, a4, ... an}으로 변환하여 전송 단 [3] 과정에서 mapping
간섭 성분 I(k)으로 간단히 표현 가능
일반적인 표현 =>

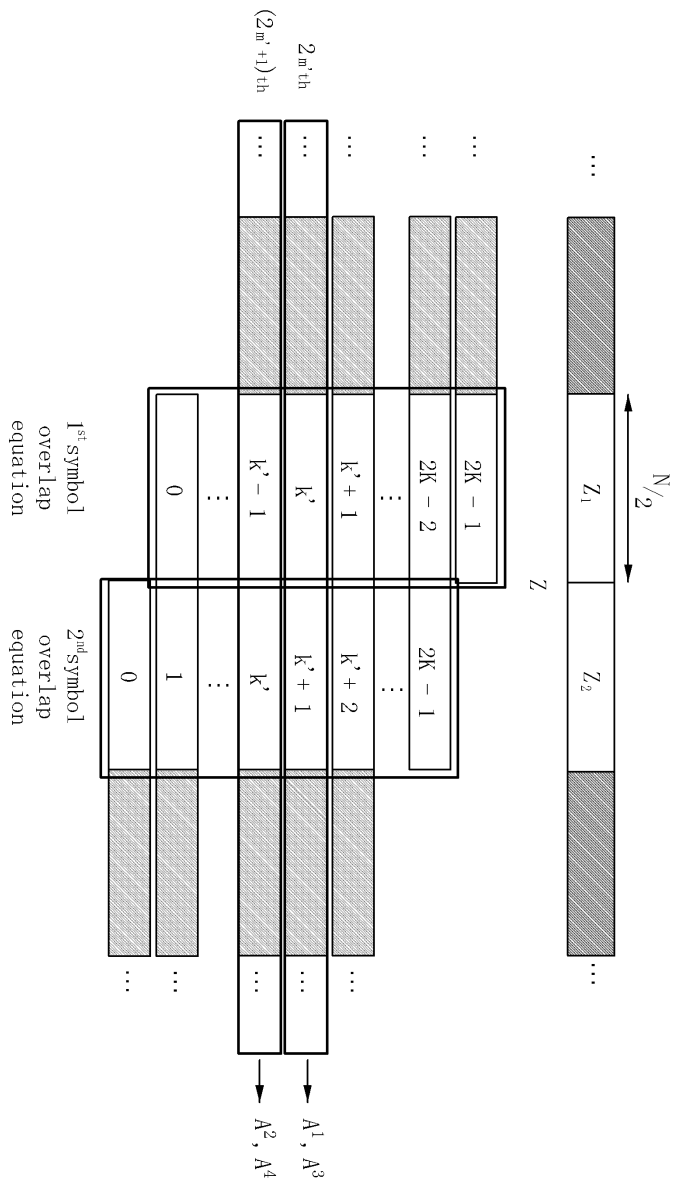
도면8


subcarrier
symbol index
Symbol domain
: real-valued input
: imaginary-valued input
T_0
F_0
KT_0
$T_0/2$
S_m
jS_{m+1}
S_{m+2}
jS_{m+3}
S_{m+4}
jS_{m+5}
S_{m+6}

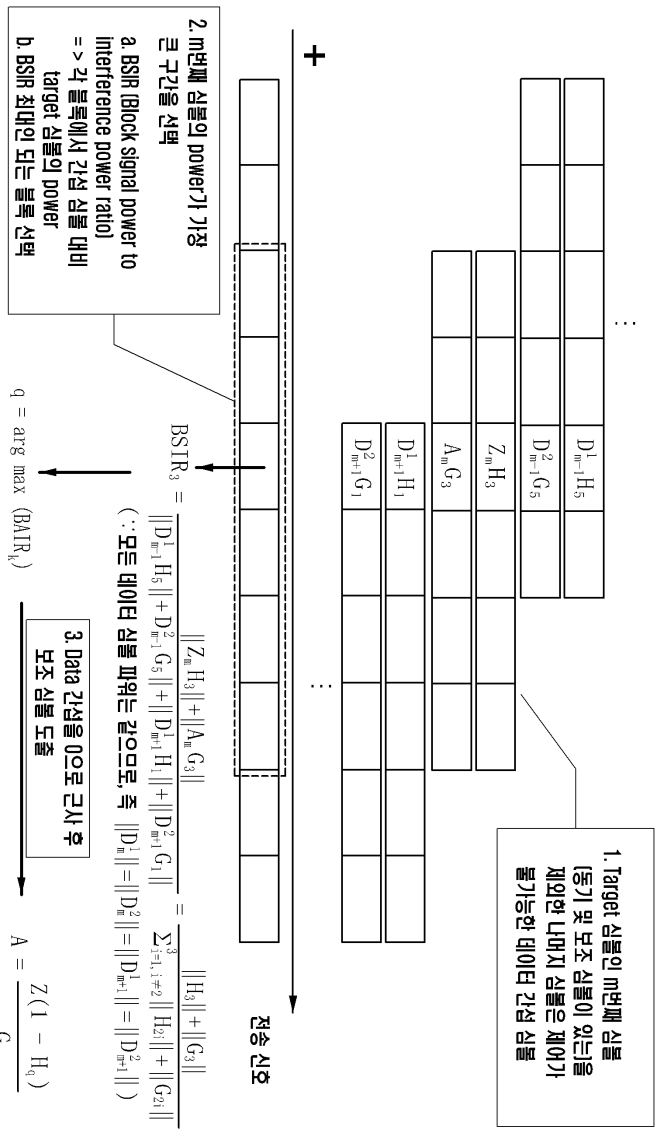
도면9


Tx signal
Z
N/2
S(k'+2, 2m'-2)
jS(k'+1, 2m'-1)
S(k', 2m')
jS(k'-1, 2m+1)
S(k'-2, 2m'+2)
S(0, 2m')
S(k'-1, 2m')
S(k'+1, 2m')
S(2k'-1, 2m')

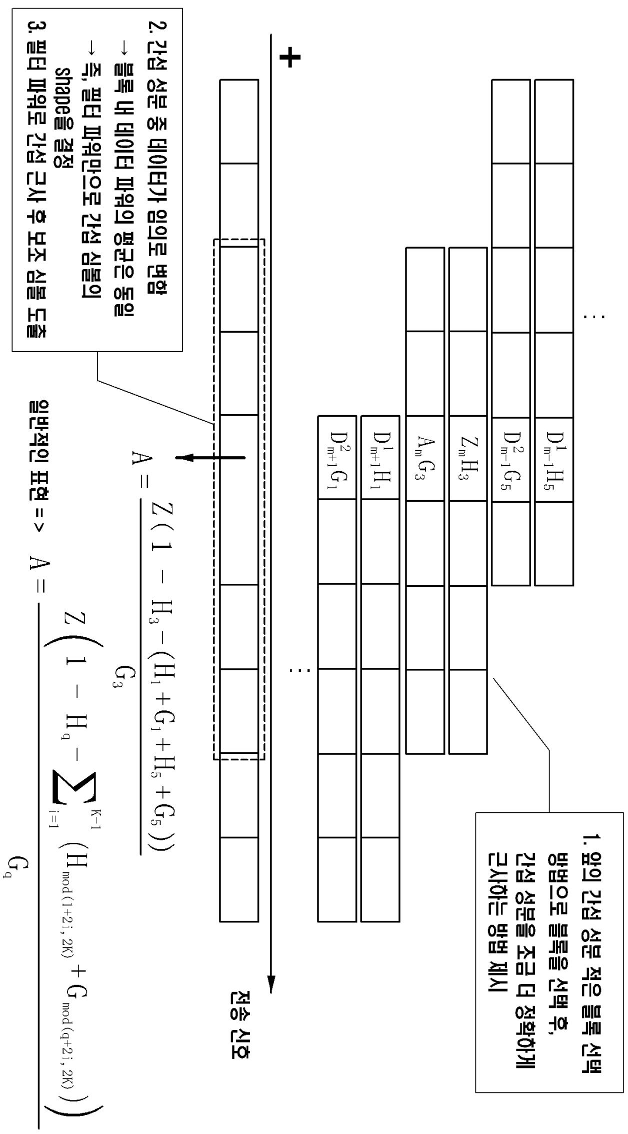
도면10


Z
N/2
Z1
Z2
2K - 1
2K - 2
2K - 1
k' + 1
k' + 2
k'
k' + 1
k' - 1
k'
0
1
0
2m'th
(2m'+1)th
1st symbol overlap equation
2nd symbol overlap equation
A1, A3
A2, A4

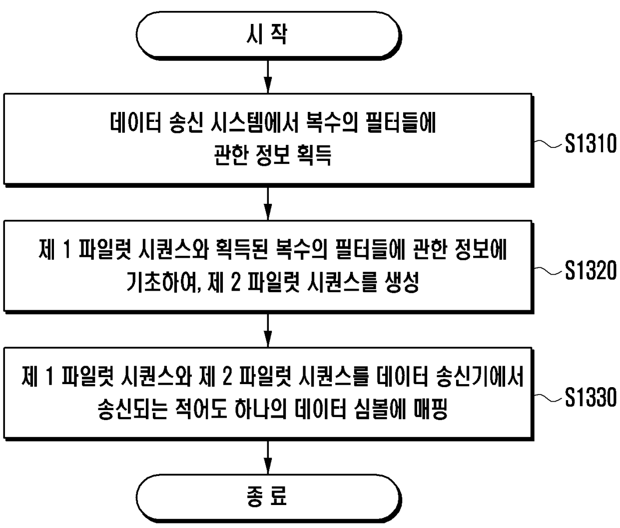
도면11


1. Target 신호인 m번째 신호 (동기 및 보조 신호이 있는등 제외한 나머지 신호은 제어가 불가능한 데이터 간섭 신호
전송 신호
2. m번째 신호의 power가 가장 큰 구간을 선택
a. BSIR (Block signal power to interference power ratio)
=> 각 블록에서 간섭 신호 대비 target 신호의 power
b. BSIR 최대인 되는 블록 선택
3. Data 간섭을 0으로 근사 후 보조 신호 도출

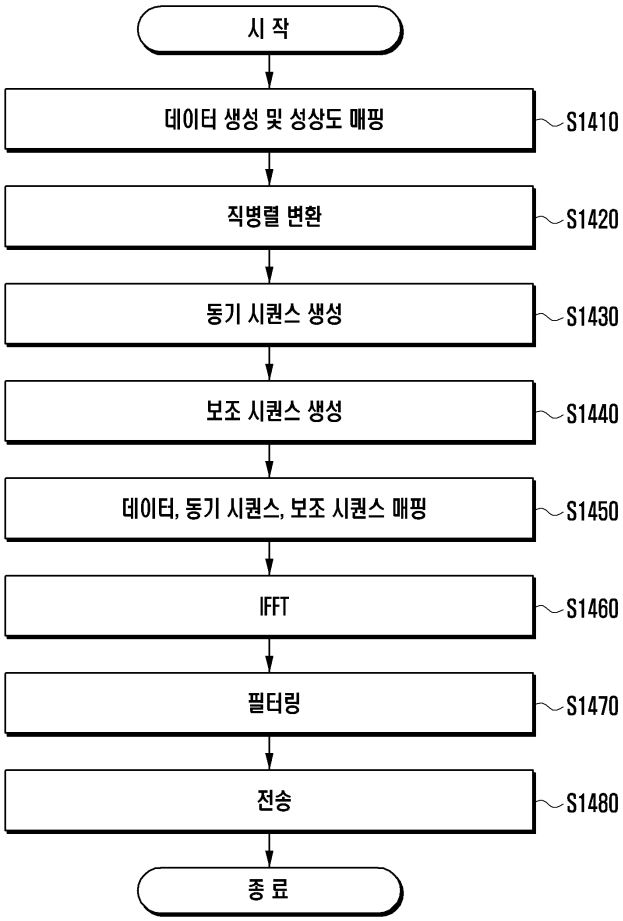
도면12


2. 간섭 성분 중 데이터가 임의로 변함
→ 블록 내 데이터 파워의 평균은 동일
→ 즉, 필터 파워만으로 간섭 심볼의 shape을 결정
3. 필터 파워로 간섭 근사 후 보조 심볼 도출
1. 앞의 간섭 성분 적은 블록 선택 방법으로 블록을 선택 후, 간섭 성분을 조금 더 정확하게 근사하는 방법 제시
전송 신호
일반적인 표현 =>

도면13


시 작
데이터 송신 시스템에서 복수의 필터들에 관한 정보 획득
S1310
제 1 파일럿 시퀀스와 획득된 복수의 필터들에 관한 정보에 기초하여, 제 2 파일럿 시퀀스를 생성
S1320
제 1 파일럿 시퀀스와 제 2 파일럿 시퀀스를 데이터 송신기에서 송신되는 적어도 하나의 데이터 심볼에 매핑
S1330
종 료

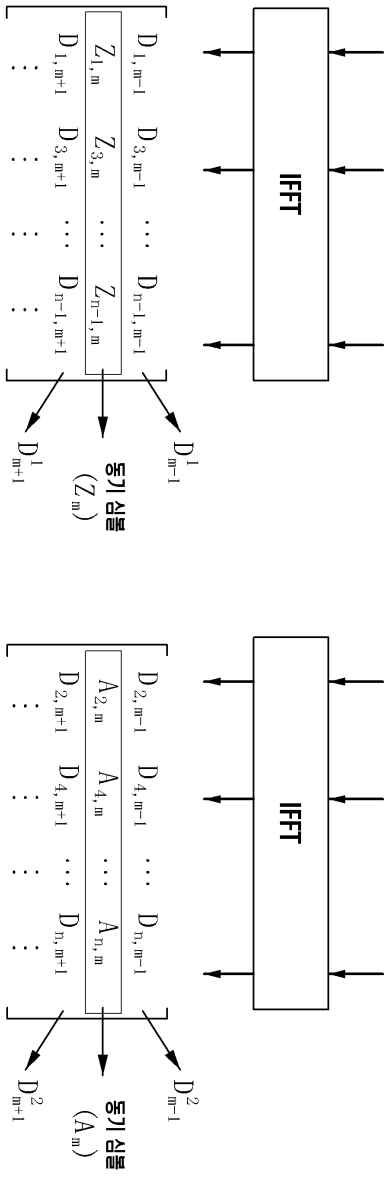
도면14


시 작
데이터 생성 및 성상도 매핑
S1410
직병렬 변환
S1420
동기 시퀀스 생성
S1430
보조 시퀀스 생성
S1440
데이터, 동기 시퀀스, 보조 시퀀스 매핑
S1450
IFFT
S1460
필터링
S1470
전송
S1480
종 료

도면15a

직병렬 변환 및 동기 정보 매핑 (두 종류 필터 이용 시)
그룹 1 (필터 10) 사용될 그룹)
(Correlation 특성)
그룹 2 (필터 20) 사용될 그룹)
동기 시퀀스
보조 시퀀스

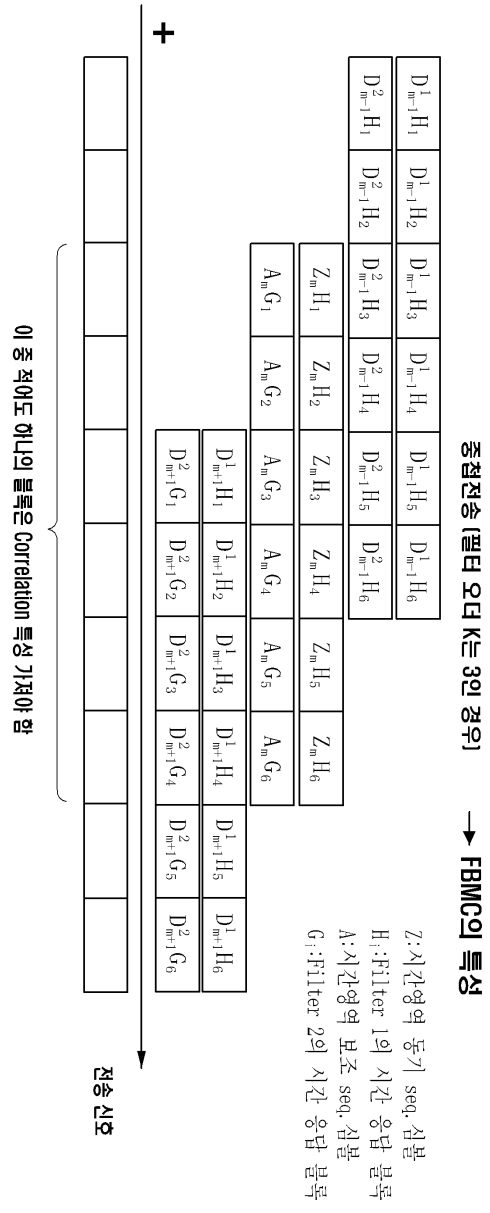
도면15b



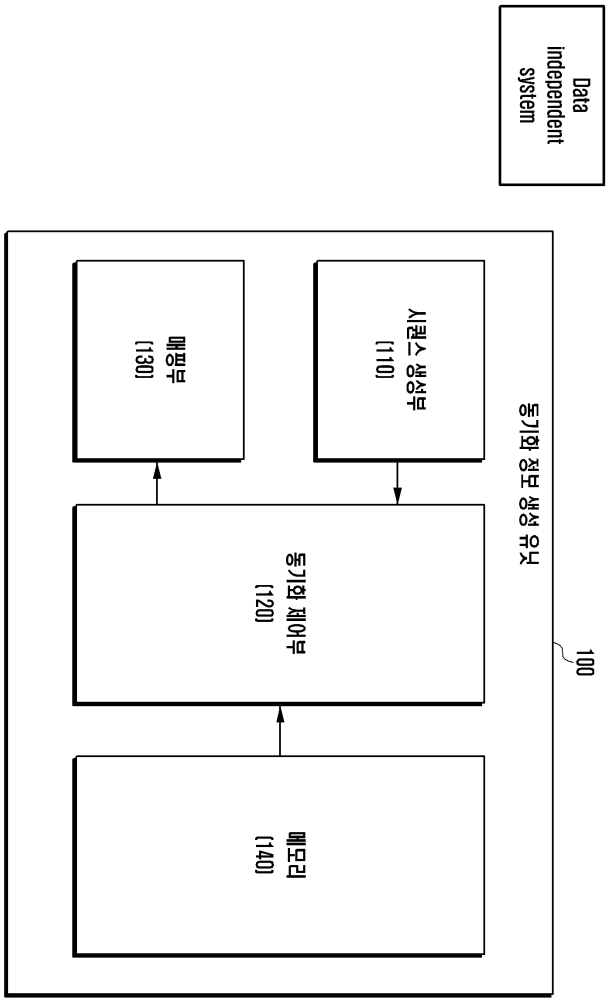
도면15c

필터링 (IFFT 전후 처리 둘 다 가능)
→ FBMC의 특성
cf) 임의의 m번째 심볼에 대한 필터 1개의 신호처리 과정
D_m
$[D_{1,m}\ D_{3,m}\ \cdots\ D_{n-1,m},\ D_{1,m}\ D_{2,m}\ \cdots\ D_{n-1,m},\ \cdots,\ D_{1,m}\ D_{2,m}\ \cdots\ D_{n-1,m}]$
2K개
× (Element 간의 곱)
=
필터링 후 그룹 1의 m번째 심볼
$[H_1\ H_1\ \cdots\ H_{n/2},\ H_{n/2+1}\ H_{n/2+2}\ \cdots\ H_n,\ \cdots,\ H_{Kn-n/2+1}\ H_{Kn-n/2+2}\ \cdots\ H_{Kn}]$
H_1
H_2
H_{2K}
D_mH_1
D_mH_2
D_mH_{2K}

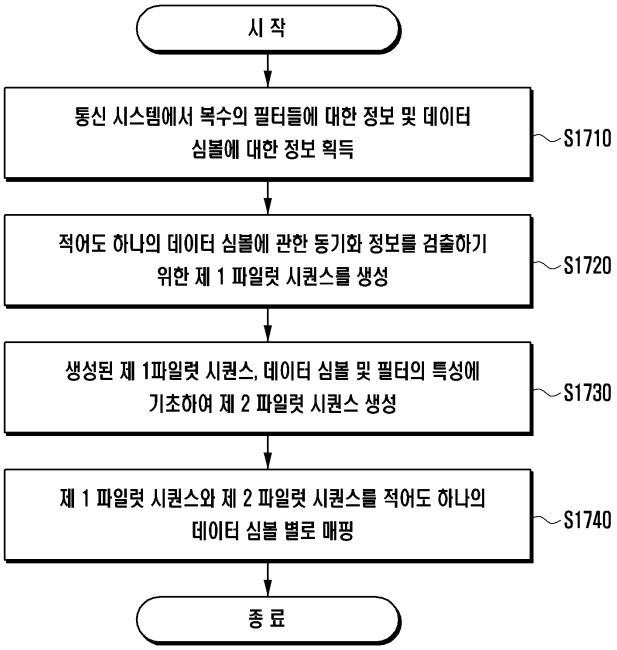
도면15d


중첩전송 (필터 오더 K는 3인 경우)
FBMC의 특성
Z:시간영역 동기 seq. 심볼
H:Filter 1의 시간 응답 블록
A:시간영역 보조 seq. 심볼
G:Filter 2의 시간 응답 블록
+
전송 신호
이 중 적어도 하나의 블록은 Correlation 특성 가져야 함

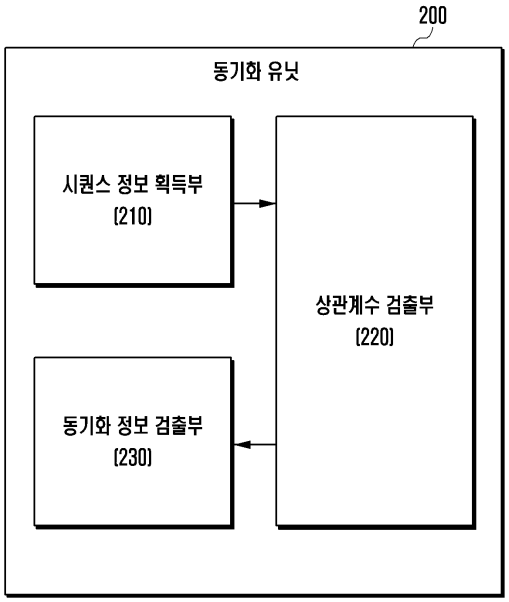
도면16


Data independent system
동기화 정보 생성 유닛
시퀀스 생성부 [110]
버퍼부 [130]
동기화 제어부 [120]
메모리 [140]
100

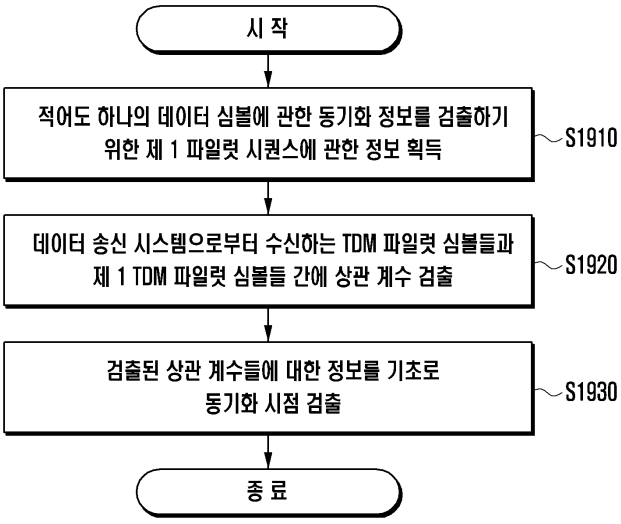
도면17


시 작
통신 시스템에서 복수의 필터들에 대한 정보 및 데이터 심볼에 대한 정보 획득
S1710
적어도 하나의 데이터 심볼에 관한 동기화 정보를 검출하기 위한 제 1 파일럿 시퀀스를 생성
S1720
생성된 제 1파일럿 시퀀스, 데이터 심볼 및 필터의 특성에 기초하여 제 2 파일럿 시퀀스 생성
S1730
제 1 파일럿 시퀀스와 제 2 파일럿 시퀀스를 적어도 하나의 데이터 심볼 별로 매핑
S1740
종 료

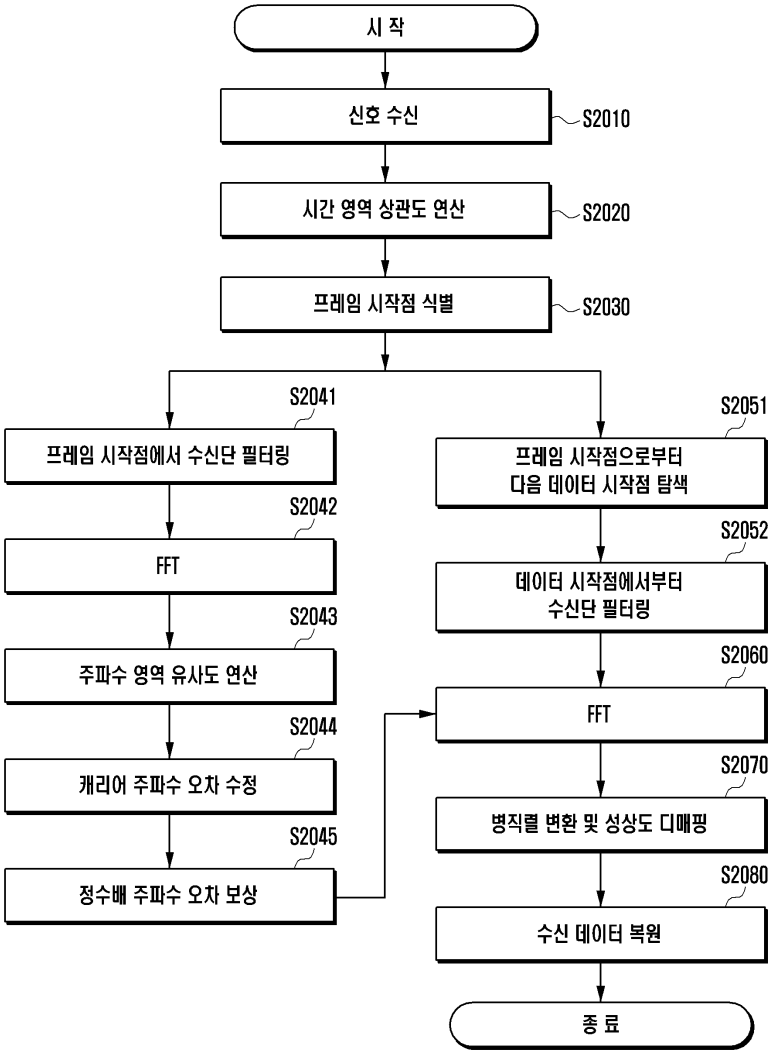
도면18


200
동기화 유닛
시퀀스 정보 획득부
(210)
상관계수 검출부
(220)
동기화 정보 검출부
(230)

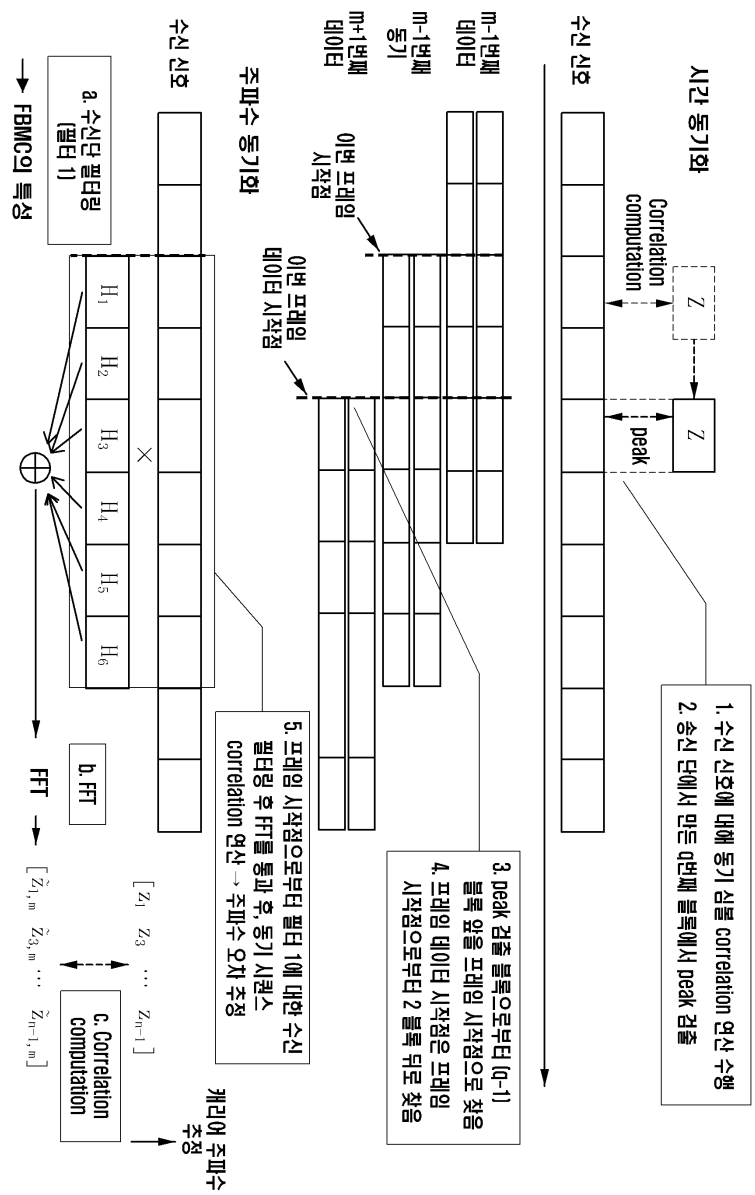
도면19


시 작
적어도 하나의 데이터 심볼에 관한 동기화 정보를 검출하기 위한 제 1 파일럿 시퀀스에 관한 정보 획득
S1910
데이터 송신 시스템으로부터 수신하는 TDM 파일럿 심볼들과 제 1 TDM 파일럿 심볼들 간에 상관 계수 검출
S1920
검출된 상관 계수들에 대한 정보를 기초로 동기화 시점 검출
S1930
종 료

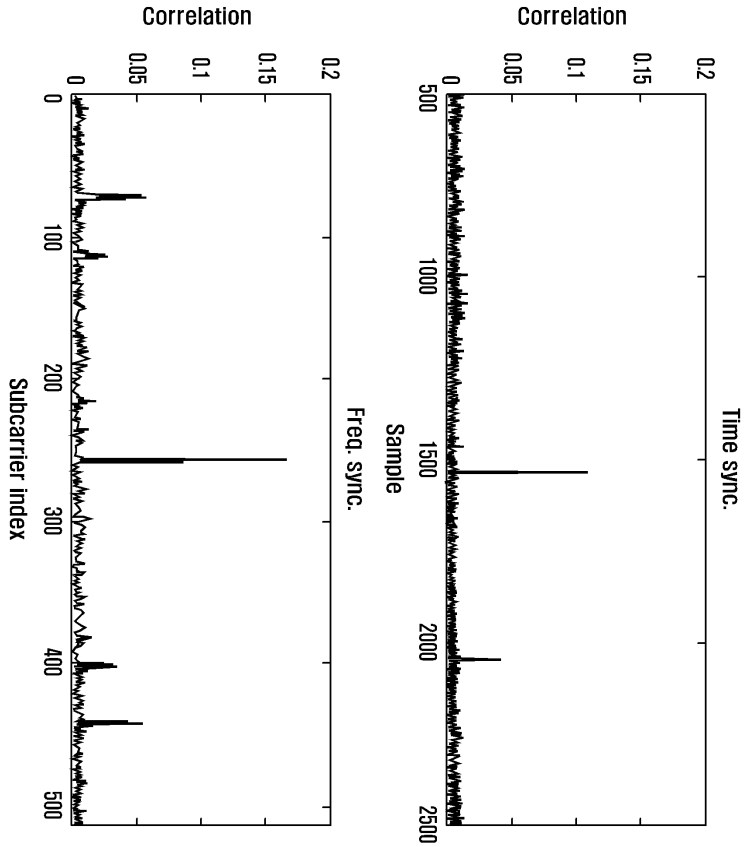
도면20


시 작
신호 수신
S2010
시간 영역 상관도 연산
S2020
프레임 시작점 식별
S2030
S2041
프레임 시작점에서 수신단 필터링
S2042
FFT
S2043
주파수 영역 유사도 연산
S2044
캐리어 주파수 오차 수정
S2045
정수배 주파수 오차 보상
S2051
프레임 시작점으로부터
다음 데이터 시작점 탐색
S2052
데이터 시작점에서부터
수신단 필터링
S2060
FFT
S2070
병직렬 변환 및 성상도 디매핑
S2080
수신 데이터 복원
종 료

도면21


시간 동기화
수신 신호
Correlation computation
Z
Z
peak
1. 수신 신호에 대해 동기 심볼 correlation 연산 수행
2. 송신 단에서 만든 0번째 블록에서 peak 검출
m-1번째 데이터
m-1번째 동기
m+1번째 데이터
이번 프레임 시작점
이번 프레임 데이터 시작점
3. peak 검출 블록으로부터 (q-1) 블록 앞을 프레임 시작점으로 잡음
4. 프레임 데이터 시작점은 프레임 시작점으로부터 2 블록 뒤로 잡음
주파수 동기화
수신 신호
5. 프레임 시작점으로부터 필터 1에 대한 수신 필터링 후 FFT를 통과, 동기 시퀀스 correlation 연산 → 주파수 오차 추정
a. 수신단 필터링 (필터 1)
FBMC의 특성
H1
H2
H3
H4
H5
H6
b. FFT
FFT
c. Correlation computation
캐리어 주파수 추정

도면22


Correlation
0
0.05
0.1
0.15
0.2
500
1000
1500
2000
2500
Sample
Time sync.
Correlation
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0
100
200
300
400
500
Subcarrier index
Freq. sync.