



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0022181
(43) 공개일자 2016년02월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 27/34 (2006.01) H04L 27/26 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0107996
(22) 출원일자 2014년08월19일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
남형주
서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제2공학관 705호 (신촌동)
최수용
서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제2공학관 705호 (신촌동)
(74) 대리인
윤동열

전체 청구항 수 : 총 20 항

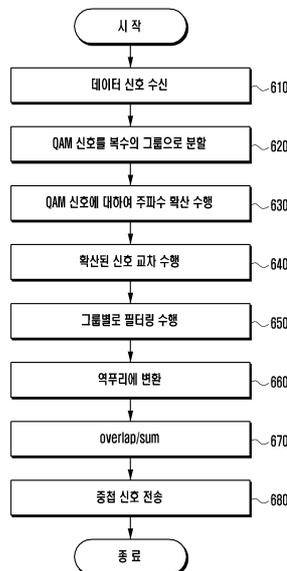
(54) 발명의 명칭 **필터뱅크 기반 다중 반송파 통신 시스템에서 QAM 신호의 송수신 방법 및 그 장치**

(57) 요약

본 발명은 필터 뱅크 기반 다중 반송파 (Filter Bank Multicarrier) 통신 시스템에서 QAM 신호의 송수신 방법 및 그 장치에 관한 것이다. 구체적으로, 본 발명은 필터 뱅크 기반 다중 반송파 통신 시스템에서 multi-path delay channel 환경에서 intrinsic interference 없이 QAM신호를 전송함에 있어서, 좋은 성능을 얻을 수 있는

(뒷면에 계속)

대표도 - 도12



효율적인 송수신 방법 및 장치를 제공한다.

이에 따른 본 발명은, 필터뱅크 기반 다중 반송파(Filter Bank Multicarrier; FBMC) 통신 시스템에서의 송신 방법으로, 복수의 그룹으로 분할된 상기 적어도 두 개의 QAM 신호 각각을 주파수 축에서 복수 개의 신호로 확산시키는 단계, 상기 복수 개의 확산된 신호 중, 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 중첩되는 적어도 하나의 신호를, 상기 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 교차시키는 단계, 상기 적어도 하나의 신호가 교차된 상기 복수 개의 확산된 신호를, 상기 복수의 그룹 별로 각각 필터링하는 단계 및 상기 필터링 된 상기 복수 개의 확산된 신호를 시간 축에서 중첩하여 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 송신 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

(72) 발명자

윤여훈

경기도 화성시 태안로 85 한일타운아파트 103동
1305호 (병점동)

최문창

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제2공
학관 705호 (신촌동)

한성배

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제2공
학관 705호 (신촌동)

하는 단계; 및

제2 그룹에 대하여
 $G=[G_{(K-1)} \dots G_1 G_0 G_1 \dots G_{(K-1)}]=[jH_{(K-1)} \dots jH_1 jH_0 jH_1 \dots jH_{(K-1)}]$ 필터를 이용하여 필터링을 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 송신 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 적어도 두 개의 QAM 신호는, 인접한 QAM 신호가 서로 다른 그룹에 속하도록 분할되는 것을 특징으로 하는 송신 방법.

청구항 8

필터뱅크 기반 다중 반송파(Filter Bank Multicarrier; FBMC) 통신 시스템에서의 수신 방법으로, 수신된 신호를 복수의 그룹으로 분할하는 단계; 상기 복수의 그룹에 대하여 각각 필터링을 수행하는 단계; 및 상기 필터링 된 결과를 주파수 축에서 등화하여 적어도 하나의 두 개의 직교 진폭 변조(Quadrature Amplitude Modulation; QAM) 신호를 복원하는 단계를 포함하되, 상기 수신된 신호는, 복수의 그룹으로 분할된 적어도 두 개의 QAM 신호를 각각을 주파수 축에서 복수 개의 신호로 확산시키고, 상기 복수 개의 확산된 신호 중, 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 중첩되는 적어도 하나의 신호를, 상기 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 교차시키고, 상기 적어도 하나의 신호가 교차된 상기 복수 개의 확산된 신호를, 상기 복수의 그룹 별로 각각 필터링하고, 상기 필터링 된 상기 복수 개의 확산된 신호를 시간 축에서 중첩하여 전송되는 것을 특징으로 하는 수신 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 수신된 신호는,

$\frac{M}{2}$ 개의 QAM 신호가, 인덱스 0부터 인덱스 K까지 할당되는 $\frac{M}{2} \times 2K$ 개의 신호로 확산되는 것을 특징으로 하는 수신 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 수신된 신호는, 상기 복수 개의 확산된 신호 중 적어도 하나의 신호가, 인접한 QAM 신호의 확산된 신호 중 상기 적어도 하나의 신호와 동일한 인덱스를 갖는 신호와 교차되는 것을 특징으로 하는 수신 방법.

청구항 11

제8항에 있어서, 상기 필터링하는 단계는, 상기 각각의 그룹에 대하여 복소 관계를 갖는 서로 다른 필터를 이용하여 필터링하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 수신 방법.

청구항 12

제8항에 있어서, 상기 필터링하는 단계는,

제1 그룹에 대하여 $H=[H_{(K-1)} \dots H_1 H_0 H_1 \dots H_{(K-1)}]$ 필터를 이용하여 필터링을 수행하는 단계; 및

제2 그룹에 대하여
 $G=[G_{(K-1)} \dots G_1 G_0 G_1 \dots G_{(K-1)}]=[jH_{(K-1)} \dots jH_1 jH_0 jH_1 \dots jH_{(K-1)}]$ 필터를 이용하여 필터링을 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 수신 방법.

청구항 13

제8항에 있어서, 상기 복수의 그룹으로 분할하는 단계는,
 인접한 QAM 신호가 서로 다른 그룹에 속하도록 분할하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 수신 방법.

청구항 14

필터뱅크 기반 다중 반송파(Filter Bank Multicarrier; FBMC) 통신 시스템에서의 송신 장치로,
 복수의 그룹으로 분할된 상기 적어도 두 개의 QAM 신호 각각을 주파수 축에서 복수 개의 신호로 확산시키고, 상기 복수 개의 확산된 신호 중, 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 중첩되는 적어도 하나의 신호를, 상기 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 교차시키고, 상기 적어도 하나의 신호가 교차된 상기 복수 개의 확산된 신호를, 상기 복수의 그룹 별로 각각 필터링하는 필터링부; 및
 상기 필터링 된 상기 복수 개의 확산된 신호를 시간 축에서 중첩하여 전송하는 통신부를 포함하는 것을 특징으로 하는 송신 장치.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 필터링부는,

상기 각각의 그룹에 포함된 $\frac{M}{2}$ 개의 QAM 신호를, 인덱스 0부터 인덱스 K까지 할당되는 $\frac{M}{2} \times 2K$ 개의
 $\frac{(K+1)}{2}$ 부터 인덱스 $K-1$ 까지의 신호로 확산시키고, 상기 복수 개의 확산된 신호 중, 인덱스 $\frac{(K+1)}{2}$ 부터 인덱스 $K-1$ 까지의 신호를 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 교차시키는 것을 특징으로 하는 송신 장치.

청구항 16

제14항에 있어서, 상기 필터링부는,

상기 복수 개의 확산된 신호 중 적어도 하나의 신호를, 인접한 QAM 신호의 확산된 신호 중 상기 적어도 하나의 신호와 동일한 인덱스를 갖는 신호와 교차하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 송신 장치.

청구항 17

제14항에 있어서, 상기 필터링부는,

상기 각각의 그룹에 대하여 복소 관계를 갖는 서로 다른 필터를 이용하여 필터링하는 것을 특징으로 하는 송신 장치.

청구항 18

필터뱅크 기반 다중 반송파(Filter Bank Multicarrier; FBMC) 통신 시스템에서의 수신 장치로,
 신호를 수신하는 통신부;
 상기 수신된 신호를 복수의 그룹으로 분할하여 각각 필터링을 수행하는 필터링부;
 상기 필터링 된 결과를 주파수 축에서 등화하여 적어도 하나의 두 개의 직교 진폭 변조(Quadrature Amplitude Modulation; QAM) 신호를 복원하는 등화부를 포함하되,
 상기 수신된 신호는,

복수의 그룹으로 분할된 적어도 두 개의 QAM 신호를 각각을 주파수 축에서 복수 개의 신호로 확산시키고, 상기 복수 개의 확산된 신호 중, 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 중첩되는 적어도 하나의 신호를, 상기 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 교차시키고, 상기 적어도 하나의 신호가 교차된 상기 복수 개의 확산된 신호를, 상기 복수의 그룹 별로 각각 필터링하고, 상기 필터링 된 상기 복수 개의 확산된 신호를 시간 축에서 중첩하여 전송되는 것을 특징으로 하는 수신 장치.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 수신된 신호는,

$$\frac{M}{2} \qquad \qquad \qquad \frac{M}{2} \times 2K$$

상기 각각의 그룹에 포함된 $\frac{M}{2}$ 개의 QAM 신호가, 인덱스 0부터 인덱스 K까지 할당되는 $\frac{M}{2} \times 2K$ 개의 신호로 확산되고, 상기 복수 개의 확산된 신호 중 적어도 하나의 신호가, 인접한 QAM 신호의 확산된 신호 중 상기 적어도 하나의 신호와 동일한 인덱스를 갖는 신호와 교차되는 것을 특징으로 하는 수신 장치.

청구항 20

제18항에 있어서, 상기 필터링부는,

상기 각각의 그룹에 대하여 복소 관계를 갖는 서로 다른 필터를 이용하여 필터링하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 수신 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 필터 뱅크 기반 다중 반송파 (Filter Bank Multicarrier) 통신 시스템에서 QAM 신호의 송수신 방법 및 그 장치에 관한 것이다. 구체적으로, 본 발명은 필터 뱅크 기반 다중 반송파 통신 시스템에서 multi-path delay channel 환경에서 QAM신호를 전송함에 있어서, 좋은 성능을 얻을 수 있는 효율적인 송수신 방법 및 장치를 제공한다.

배경 기술

[0002]

최근 고품질의 데이터를 고속으로 전송하기 위해 직교 주파수 분할(Orthogonal Frequency Division Multiplexing; OFDM) 전송 기술을 대체할 수 있는 차세대 통신 기술로써 필터 뱅크 기반 다중 반송파 통신(Filter Bank Multicarrier Communication; FBMC) 시스템에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. FBMC는 OFDM에 비해 상대적으로 낮은 대역 외 방사(out-of-band radiation)가 발생하여 동일 스펙트럼 마스크(spectrum mask)를 만족시키기 위한 보호 부반송파 (guard subcarrier) 수를 OFDM 대비 상대적으로 줄일 수 있다 또한, FBMC는 CP(cyclic prefix) 없이 신호의 변복조가 가능하여 주파수 효율(spectral efficiency)이 증대되고 주파수 동기 오차에 강한 특성을 지닌다.

[0003]

종래의 FBMC 통신 시스템은 (1) IFFT 이후 시간 축에서 polyphase network (PPN)를 적용하는 송수신 방법과 (2) IFFT 이전 주파수 축에서 frequency spreader 및 overlap/sum 구조를 적용하는 송수신 방법으로 구분될 것이다. (1)번 기술은 PPN을 활용하여 시간 축에서의 컨볼루션 연산을 길이 M의 weighted sum들의 합으로 구성되는 필터링으로 구현한 후 2개의 PPN 모듈을 시간차를 통해 적용함으로써 offset-QAM (OQAM)을 구현한다. 이때, 송신단에서 시간 축 필터링이 수행되므로, 수신단에서는 시간 축에서의 등화기를 사용한다. (2)번 기술은 IFFT 이전에 주파수 축에서 oversampling 및 prototype 필터에 의한 필터링, KM 길이의 IFFT를 수행한 후 adder와 메모리를 이용한 중첩 전송을 수행한다. 이때, 송신단에서 주파수 축에서의 필터링이 수행되므로 수신단에서는 주파수 축 one-tap 등화기를 수행한다.

[0004]

최근에는 OQAM을 사용하는 FBMC 시스템의 한계점을 극복하기 위해 (3) even sub-carrier와 odd sub-carrier를 분리하여 각각 필터링을 수행하되, 각 필터링의 직교성을 유지함으로써 QAM 신호를 전송하도록 하는 FBMC-QAM 기술이 개발되었다. FBMC-QAM 기술에 따르면, 종래의 prototype filter를 시간 축에서 interleaving하고, even sub-carrier 필터와 odd sub-carrier filter의 직교성을 확보함으로써, intrinsic interference 없이 QAM 신호를 전송할 수 있다. 이때, 수신단에서는 주파수 축 one-tap 등화기를 사용함으로써 신호를 복원한다.

- [0005] 상술한 종래의 FBMC 통신 시스템은 (1), (2) 기술 모두의 경우 인접 데이터 간의 필터링이 중첩되기 때문에 QAM 신호를 사용하지 못하고 OQAM 신호를 사용해야 한다. 결과적으로, 종래의 FBMC 통신 시스템은 QAM 기반의 기술을 사용하기 어렵고 multiple-input and multiple-output (MIMO)와의 결합이 용이하지 못하다는 단점이 있다.
- [0006] 또한 (3) 기술에 따른 FBMC-QAM 구조는 필터의 직교성 확보를 위해 시간 축에서의 필터를 interleaving 하기 때문에 종래의 OFDM 시스템보다도 열화된 spectrum 성능을 갖는 한계점이 존재한다.
- [0007] 이에 대하여 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0008] 도 1은 종래의 FBMC 통신 시스템에서의 송신 장치를 나타낸 블록도이고, 도 2는 종래의 FBMC 통신 시스템에서의 송신 장치 내에서 K=4일 때 신호의 흐름을 구체적으로 나타낸 도면이다.
- [0009] 도 1을 참조하면, 전송 신호 $d(n)$ (하나의 FBMC 심볼일 수 있다.)은 도 2에 도시된 바와 같이 M개의 오프셋 직교 진폭 변조(Offset Quadrature Amplitude Modulation; OQAM) 신호 $d(mM)$ 로 구성된다. OQAM 신호는 S/P(Serial-to-Parallel) 변환기(110)에 의해 변환되고, 변환된 각각의 OQAM 신호 $d_i(mM)$ 는 확산기(Frequency spreader)(120)에 의해, 도 2에 도시된 바와 같이 주파수 축에서 확산된다. 확산기(120)는 프로토타입 필터(prototype filter)를 이용하여 각각의 OQAM 신호에 2K-1개의 주파수 축 필터 계수를 곱함으로써, 전체 OQAM 신호를 전체 주파수 대역에 KM개의 신호로 확산시킨다. 이를 주파수 확산, 필터링 또는 오버 샘플링이라 한다.
- [0010] 필터링 과정은 도 3의 좌측에 도시된 바와 같이, 주파수 축에서 OQAM 신호들 사이에 K-1개의 0을 삽입하고, 도 3의 우측에 도시된 바와 같이 프로토타입 필터를 구성하는 주파수 축 필터 계수들과 convolution 연산을 수행하는 것으로 설명할 수 있다.
- [0011] 필터링 된 신호는 역푸리에 변환기(inverse fast fourier transform; IFFT)(130)에 의하여 역푸리에 변환 과정을 거친다. 마지막으로 IFFT(130) 출력 신호는 P/S(Parallel-to-Serial) 및 Overlap/sum 블록(140)에 의한 중첩 과정을 거쳐 송신된다. 이때, 각각의 필터링 된 신호는 인접한 각각의 서브 캐리어를 통해 전송된다.
- [0012] 종래의 FBMC 시스템에서 주파수 축 필터링을 수행하려면, 확산 과정에서 인접한 QAM 신호 간 확산 결과를 중첩 시켜야 하기 때문에, 심볼 간 간섭을 주게 되어 신호 복원이 불가능해 진다. 이를 방지하기 위해 종래의 FBMC 시스템은 in-phase (real) 성분과 quadrature-phase (imaginary) 성분을 시간-주파수 자원에 교차하여 배치하는 OQAM을 사용한다.
- [0013] 또한 종래의 FBMC 시스템에서 주파수 축 필터링을 수행하려면, IFFT(130)의 크기가 OFDM 대비 프로토타입 필터의 overlapping factor인 K배만큼 증가해야 하기 때문에, 전체 시스템의 복잡도가 증가하게 된다. 이러한 문제는 수신 장치에서도 동일하게 나타나기 때문에, 수신 장치에서의 FFT 크기도 K의 배수만큼 증가 되어야 하고, 이에 따라 수신 장치의 복잡도도 증가하게 된다.
- [0014] 도 4는 종래의 FBMC 통신 시스템에서의 수신 장치를 나타낸 블록도이다.
- [0015] 도 4를 참조하면, 수신 신호 $x(n)$ 은 S/P 변환기(210)에 의해 병렬 신호로 변환되고, 푸리에 변환기(fast fourier transform; FFT)(220)를 통해 푸리에 변환 과정을 거친다. 다음으로, 신호는 주파수 등화기(Frequency equalizer)(230)를 통해 등화되고, 주파수 역확산기(Frequency de-spreader)(240)를 통해 주파수 축 필터링되어 복원된다. 이러한 주파수 축 필터링 과정에서 상술한 바와 같이 QAM 신호를 사용할 경우, Intrinsic interference를 제거할 수 없는 문제가 있다.
- [0016] 상기한 문제를 해결하기 위하여, 최근에는 FBMC-QAM 기술이 개발되었다. 이하에서는, FBMC-QAM 기술에 대해 설명한다.
- [0017] 도 5는 FBMC-QAM 통신 시스템에서의 송신 장치를 나타낸 블록도이다.
- [0018] 도 5를 참조하면, FBMC-QAM 통신 시스템에서의 송신 장치(300)는 복수 개의 S/P 변환기(311, 312)와 복수 개의 IFFT(321, 322)를 포함하여 구성된다. 복수 개의 S/P 변환기(311, 312)와 복수 개의 IFFT(321, 322)는 QAM 신호에 대한 필터링 동작에 관여할 수 있다.

- [0019] FBMC-QAM 통신 시스템에서의 송신 장치(300)는, 도 6에 도시된 바와 같이, M개의 QAM 신호를 제1 그룹과 제2 그룹으로 나눈 뒤, 각 그룹의 필터링을 별도로 수행한다. 이때, 송신 장치(300)는 M개의 QAM 신호를 짝수 인덱스를 갖는 신호와 홀수 인덱스를 갖는 신호의 두 그룹으로 나눌 수 있다. 또한, FBMC-QAM 통신 시스템에서의 송신 장치(300)는 P/S 변환기(330) 및 overlap/sum 블록(340)을 통해 시간 축에서 2K개 블록 단위의 weighted sum 연산을 수행한다. 송신 장치는 도 6에서 제1 그룹 및 제2 그룹에 대한 IFFT 출력 블록, 예를 들어 even 신호와 odd 신호에 대한 IFFT 출력 블록을 중첩하여 전송한다.
- [0020] 도 7은 본 발명에 따른 수신 장치의 구성을 나타낸 블록도이다.
- [0021] 도 7을 참조하면, FBMC-QAM 통신 시스템에서의 수신 장치(400)는 통신부를 통하여 수신 신호를 획득한다. 수신 신호는 S/P 변환기(410), weighted sum 블록(420) 및 FFT 변환기(430)를 거친 후, one-tap 등화기(equalizer)(440)를 통해 주파수 축에서 one-tap 등화 과정을 거친다. 이후, 수신 신호는 P/S 변환기(450)를 거쳐 최종 신호로 복원된다.
- [0022] 이하에서는, 종래 기술에 따른 FBMC 통신 시스템에서 intrinsic interference로 인한 문제점을 설명한다.
- [0023] 도 8은 종래의 FBMC 시스템에서 중첩 전송에 따른 간섭을 설명하기 위한 도면이다. 구체적으로, 도 8은 종래 FBMC 시스템에서 임의의 샘플링 된 심볼들이 필터링되고, 필터링된 신호들이 중첩되어 인접한 서브 캐리어들에 전송됨으로써, 특정 서브 캐리어에 간섭을 주는 경우를 나타낸다.
- [0024] 도 8을 참조하면, 하나의 FBMC 심볼이 필터링되고, 필터링 된 신호들이 중첩되어 인접 서브 캐리어(인접 대역)를 통하여 전송될 때, 동일한 FBMC 심볼 내에서 중첩에 의한 인접 대역 신호 간 간섭(510)이 발생한다.
- [0025] 또한, 복수의 서로 다른 FBMC 심볼이 필터링되고, 필터링된 신호들이 중첩되어 인접 서브 캐리어를 통하여 전송될 때, 임의의 서브 캐리어로 전송되는 신호는 다른 FBMC 심볼의 인접 대역 신호로부터의 간섭(520)과 동일 대역 신호로부터의 간섭(530)을 받는다.
- [0026] 상술한 각 간섭의 크기는, 동일한 FBMC 심볼 내 인접 대역 신호 간 간섭(510)이 가장 크고, 다음으로 다른 FBMC 심볼의 동일 대역 신호로부터의 간섭(530)이 크다.
- [0027] 이론적으로 상술한 모든 간섭을 제거하고, 필터의 직교성을 유지하면서 동시에 시간, 주파수 축에서의 에너지 confinement와 주파수 효율을 최대화할 수 있는 필터는 존재하지 않는다. 따라서, 상기한 상대적으로 크기가 큰 동일한 FBMC 심볼 내 인접 대역 신호 간 간섭(510)과 다른 FBMC 심볼의 동일 대역 신호로부터의 간섭(530)을 최소화할 수 있는 필터링 기법의 개발이 요구된다.
- [0028] 도 9는 종래 FBMC-OQAM 시스템에서 서브 캐리어 간 중첩 전송에 따른 간섭을 설명하기 위한 도면이다. 구체적으로, 도 9는 종래 FBMC-OQAM 시스템에서 K=3 일 때 frequency spreader를 통해 신호를 송신함에 있어서 간섭을 나타낸다.
- [0029] 도 9를 참조하면, IFFT 이전에 각각의 OQAM 신호는 2K-1 개의 주파수축 필터 계수와 곱해지며 KM개의 값으로 분산(spread)(필터링, 오버 샘플링)된다. 주파수 분산(Frequency spread) 과정에서 인접하게 위치한 필터링된 신호는 중첩된다.
- [0030] 모든 필터링된 신호를 위하여 Real domain의 필터만 사용할 경우, 인접한 필터링 된 신호 간에 간섭이 발생하기 때문에, complex 데이터를 사용하면 상호 간섭 때문에 신호를 복원 할 수 없다. 따라서 FBMC-OQAM 시스템에서는 신호 복원을 위해 실수 신호와 허수 신호를 분리하여 전송하는 OQAM 전송을 사용한다.
- [0031] FBMC-OQAM의 필터링 과정을 수식으로 나타내면 다음과 같다.

[0032] 먼저, 짝수 인덱스 서브 캐리어(even sub-carrier)의 필터를
$$H=[H_2 H_1 H_0 H_1 H_2]$$
, 홀수 인덱

스 서브 캐리어(odd sub-carrier)의 필터를 $G=[G_2 G_1 G_0 G_1 G_2]$ 로 정의한다. 0번째 필터 계수로 필터링 된 신호를 제외한 나머지 필터링 된 신호들은, 도 9에 도시된 바와 같이 중첩되어 전송된다. 따라서, even sub-carrier A와 odd sub-carrier C에 대한, 필터링 이후의 중첩된 신호는 $[AH_1+CG_2 AH_2+CG_1]$ 로 표현된다.

[0033] 수신단에서 매치(matched) 필터링을 수행한 후의 신호는 even sub-carrier에 대하여, $H^*=[A|H_1|^2+CG_2H_1^* A|H_2|^2+CG_1H_2^*]$ 로, odd sub-carrier에 대하여, $G^*=[C|G_2|^2+AH_1G_2^* C|G_1|^2+AH_2G_1^*]$ 로 표현된다. 여기서, 각 요소의 두 번째 성분은 원래의 송신 신호 이외의 신호이므로 간섭에 해당된다.

[0034] 결과적으로, 수신단에서는 신호 복원 시 중첩 전송에 의한 간섭이 존재하게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0035] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위한 것으로, odd sub-carrier 와 even sub-carrier의 필터링 된 신호가 중첩되어 intrinsic interference가 발생하는 것을 막고, complex domain의 필터를 사용함으로써 FBMC를 QAM 신호에 적용할 수 있으며, 기존 OFDM 및 FBMC-QAM 시스템 보다 향상된 스펙트럼 성능을 갖는 방법 및 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0036] 본 발명에 따른 송신 방법은, 필터뱅크 기반 다중 반송파(Filter Bank Multicarrier; FBMC) 통신 시스템에서의 송신 방법으로, 복수의 그룹으로 분할된 상기 적어도 두 개의 QAM 신호 각각을 주파수 축에서 복수 개의 신호로 확산시키는 단계, 상기 복수 개의 확산된 신호 중, 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 중첩되는 적어도 하나의 신호를, 상기 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 교차시키는 단계, 상기 적어도 하나의 신호가 교차된 상기 복수 개의 확산된 신호를, 상기 복수의 그룹 별로 각각 필터링하는 단계 및 상기 필터링 된 상기 복수 개의 확산된 신호를 시간 축에서 중첩하여 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0037] 또한, 본 발명에 따른 수신 방법은, 필터뱅크 기반 다중 반송파(Filter Bank Multicarrier; FBMC) 통신 시스템에서의 수신 방법으로, 수신된 신호를 복수의 그룹으로 분할하는 단계, 상기 복수의 그룹에 대하여 각각 필터링을 수행하는 단계 및 상기 필터링 된 결과를 주파수 축에서 등화하여 적어도 하나의 두 개의 직교 진폭 변조(Quadrature Amplitude Modulation; QAM) 신호를 복원하는 단계를 포함하되, 상기 수신된 신호는, 복수의 그룹으로 분할된 적어도 두 개의 QAM 신호를 각각을 주파수 축에서 복수 개의 신호로 확산시키고, 상기 복수 개의 확산된 신호 중, 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 중첩되는 적어도 하나의 신호를, 상기 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 교차시키고, 상기 적어도 하나의 신호가 교차된 상기 복수 개의 확산된 신호를, 상기 복수의 그룹 별로 각각 필터링하고, 상기 필터링 된 상기 복수 개의 확산된 신호를 시간 축에서 중첩하여 전송되는 것을 특징으로 한다.

[0038] 또한, 본 발명에 따른 송신 장치는, 필터뱅크 기반 다중 반송파(Filter Bank Multicarrier; FBMC) 통신 시스템에서의 송신 장치로, 복수의 그룹으로 분할된 상기 적어도 두 개의 QAM 신호 각각을 주파수 축에서 복수 개의 신호로 확산시키고, 상기 복수 개의 확산된 신호 중, 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 중첩되는 적어도 하나의 신호를, 상기 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 교차시키고, 상기 적어도 하나의 신호가 교차된 상기 복수 개의 확산된 신호를, 상기 복수의 그룹 별로 각각 필터링하는 필터링부 및 상기 필터링 된 상기 복수 개의 확산된 신호를 시간 축에서 중첩하여 전송하는 통신부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0039] 또한, 본 발명에 따른 수신 장치는, 필터뱅크 기반 다중 반송파(Filter Bank Multicarrier; FBMC) 통신 시스템에서의 수신 장치로, 신호를 수신하는 통신부, 상기 수신된 신호를 복수의 그룹으로 분할하여 각각 필터링을 수행하는 필터링부, 상기 필터링 된 결과를 주파수 축에서 등화하여 적어도 하나의 두 개의 직교 진폭 변조(Quadrature Amplitude Modulation; QAM) 신호를 복원하는 등화부를 포함하되, 상기 수신된 신호는, 복수의 그

롭으로 분할된 적어도 두 개의 QAM 신호를 각각을 주파수 축에서 복수 개의 신호로 확산시키고, 상기 복수 개의 확산된 신호 중, 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 중첩되는 적어도 하나의 신호를, 상기 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 교차시키고, 상기 적어도 하나의 신호가 교차된 상기 복수 개의 확산된 신호를, 상기 복수의 그룹별로 각각 필터링하고, 상기 필터링 된 상기 복수 개의 확산된 신호를 시간 축에서 중첩하여 전송되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0040] 본 발명에 따른 송수신 방법은, FBMC 전송 시스템에서 심볼 내의 intrinsic interference를 방지하여 FBMC 시스템에서 QAM 신호를 전송할 수 있도록 함으로써, FBMC 시스템에 QAM 기반 MIMO 기술을 사용할 수 있도록 한다.
- [0041] 또한, 본 발명에 따른 송수신 방법은, IFFT 및 FFT의 반복 특성을 활용하여 시간 축에서 weighted sum을 통해 필터링을 구현함으로써 복잡도를 낮출 수 있다.
- [0042] 또한, 본 발명에 따른 송수신 방법은, QAM 신호 전송을 가능하게 하면서 multi-path delay 환경의 성능을 보장하고, 기존 시스템 대비 side-lobe를 감소시키는 효과를 갖는다.

도면의 간단한 설명

- [0043] 도 1은 종래의 FBMC 통신 시스템에서의 송신 장치를 나타낸 블록도이다.
- 도 2는 종래의 FBMC 통신 시스템에서의 송신 장치 내에서 신호의 흐름을 구체적으로 나타낸 도면이다.
- 도 3은 종래의 FBMC 통신 시스템에서의 필터링 과정을 주파수 축에서 나타낸 도면이다.
- 도 4는 종래의 FBMC 통신 시스템에서의 수신 장치를 나타낸 블록도이다.
- 도 5는 FBMC-QAM 통신 시스템에서의 송신 장치를 나타낸 블록도이다.
- 도 6은 FBMC-QAM 통신 시스템에서의 송신 장치 내에서 신호의 흐름을 구체적으로 나타낸 도면이다.
- 도 7은 본 발명에 따른 수신 장치의 구성을 나타낸 블록도이다.
- 도 8은 종래의 FBMC 시스템에서 서브 캐리어 간 중첩 전송에 따른 gaps을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 9는 종래의 FBMC-OQAM 시스템에서 서브 캐리어 간 중첩 전송에 따른 gaps을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 10 및 도 11은 본 발명에 따른 QAM 신호의 송수신 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 12는 본 발명에 따른 QAM 신호의 송신 방법을 나타낸 순서도이다.
- 도 13은 본 발명에 따른 QAM 신호의 수신 방법을 나타낸 순서도이다.
- 도 14는 본 발명에 따른 송신 장치의 구성을 나타낸 블록도이다.
- 도 15는 본 발명에 따른 수신 장치의 구성을 나타낸 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0044] 본 발명에 따른 실시 예들은 송신 장치 및 수신 장치와 연계하여 설명된다. 송신 장치 및 수신 장치는 시스템, 가입자 유닛, 가입자국, 이동국, 모바일, 원격국, 원격 단말, 모바일 디바이스, 사용자 단말, 단말, 무선 통신 디바이스, 사용자 에이전트, 사용자 디바이스, 또는 사용자 장비(UE)로 지칭될 수 있다. 송신 장치 및 수신 장치는 셀룰러 전화, 개인 휴대 단말기(PDA), 무선 접속 능력을 갖는 핸드 헬드 디바이스, 컴퓨팅 디바이스 또는 무선 모뎀에 연결된 다른 처리 디바이스일 수 있다.
- [0045] 본 명세서에서 사용되는 기술적 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명의 사상을 한정하려는 의도가 아님을 유의해야 한다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 기술적 용어는 본 명세서에서 특별히 다른 의미로 정의되지 않는 한, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 의미로 해석되어야 하며, 과도하게 포괄적인 의미로 해석되거나, 과도하게 축소된 의미로 해석되지 않아야 한다.
- [0046] 또한, 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, 또

는 여러 단계를 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 한다.

[0047] 이하 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 설명한다. 그리고, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단된 경우 그 상세한 설명은 생략할 것이다. 또한, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0048] 도 10 및 도 11은 본 발명에 따른 QAM 신호의 송수신 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0049] 본 발명의 실시 예에 따르면, 필터링 된 신호가 중첩됨에 따라 발생하는 간섭 문제를 해결하기 위해, QAM 신호의 확산된 신호 중 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 중첩되는 성분의 적어도 일부는, 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 교차된다. 또한, 본 발명의 실시 예에 따르면, even sub-carrier 신호와 odd sub-carrier 신호에 복소 관계의 필터를 각각 적용한다. 상술한 본 발명의 실시 예에 따르면, 인접 신호가 필터링 된 후에 중첩하여 전송 되더라도 intrinsic interference의 발생을 막을 수 있다. 이에 대하여 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0050] 본 발명의 다양한 실시 예에서, 입력 신호를 구성하는 M개의 QAM 신호는, 도 6에서 설명한 바와 같이 복수의 그룹으로 나뉜 후, 각 그룹에 대하여 별도로 필터링이 수행된다. 이때, 인접한 QAM 신호는 서로 다른 그룹에 속하도록 분류될 수 있다. 예를 들어, M개의 QAM 신호는 짝수 인덱스를 갖는 신호들로 구성되는 제1 그룹과 홀수 인덱스를 갖는 신호로 구성되는 제2 그룹으로 나뉠 수 있다.

[0051] 각 그룹에 대하여 각각 수행되는 필터링 과정은 구체적으로 다음과 같다.

[0052] QAM 신호는 주파수 축에서 2K-1개의 신호로 확산(오버 샘플링)된다. 도 10에서는 K가 3인 경우를, 도 11에서는 K가 5인 경우를 각각 도시하였다. 이하에서 설명하는 본 발명의 기술적 특징들은, K값에 따라 본 발명의 기술적 사상이 변경되지 않는 범위 내에서 확장되어 적용될 수 있다.

[0053] 본 발명의 실시 예에서, 확산된 신호 중 인접 신호와 중첩되는 신호의 적어도 일부는, 인접 신호의 확산된 신호와 주파수 상에서 교차된다. 예를 들어, 확산된 신호 중 0번째 필터 계수로 필터링 되는 신호를 제외한 나머지 신호들 중 적어도 일부는, 인접 심볼의 확산된 신호 중 0번째 필터 계수로 필터링되는 신호를 제외한 나머지 신호들 중 적어도 일부와 교차된다. 이때 인접한 신호가 서로 다른 그룹으로 분류된 경우, 상호 교차되는 인접 신호는 서로 다른 그룹으로 분류된 신호일 수 있다.

[0054] 이때, 교차되는 적어도 일부의 확산된 신호는 인덱스 $\frac{(K+1)}{2}$ 부터 인덱스 $K-1$ 까지의 신호일 수 있

다. 도 10의 실시 예를 참조하면, 확산된 신호 중 인덱스가 $\frac{(K+1)}{2} = K-1 = 2$ 인 신호가 인접한 신호

의 확산된 신호와 교차된다. 도 11의 실시 예를 참조하면, 확산된 신호 중 인덱스가 $\frac{(K+1)}{2} = 3$ 인 신

호부터 인덱스가 $K-1 = 4$ 인 신호까지는 인접한 신호의 확산된 신호와 교차된다.

[0055] 인접 심볼과 중첩되는 확산된 신호 중 적어도 일부는 기 설정된 규칙에 따라 인접 심볼의 확산된 신호와 교차될 수 있다. 다양한 실시 예에서, 인접 심볼과 중첩되는 확산된 신호 중 적어도 일부는, 동일한 인덱스를 갖는 인접 심볼의 확산된 신호와 교차될 수 있다. 도 10의 실시 예를 참조하면, 확산된 신호 중 인덱스가 2인 신호는 인접 심볼의 확산된 신호 중 인덱스가 2인 신호와 교차된다. 도 11의 실시 예를 참조하면, 확산된 신호 중 인덱스가 3인 신호는, 인접 심볼의 확산된 신호 중 인덱스가 3인 신호와 교차되고, 인덱스가 4인 신호는, 인접 심볼의 확산된 신호 중 인덱스가 4인 신호와 교차된다.

[0056] 상기에서는, 확산된 신호 중 적어도 일부가 교차되는 기 설정된 규칙의 일 실시 예를 설명하였으나, 본 발명의

기술 사상은 이에 한정되지 않으면, 심볼 내 간섭을 최소화할 수 있는 다양한 방법에 의해 확산된 신호 중 적어도 일부를 교차할 수 있다.

[0057] 교차된 확산 신호는 QAM 신호 그룹 별로 필터를 통하여 필터링된다. 본 발명의 실시 예에 따르면, 각 그룹에 적용되는 필터는 복소 관계를 갖는다. 즉, 제2 그룹에 적용되는 필터의 필터 계수들은, 제1 그룹에 적용되는 필터의 필터 계수들에 대한 복소값으로 구성될 수 있다. 예를 들어, 제1 그룹에 적용되는 필터의 계수들이 real domain으로 구성된 경우, 제2 그룹에 적용되는 필터의 계수들은 복소수 도메인으로 구성될 수 있다.

[0058] 도 10의 실시 예에서, Even sub-carrier로 구성되는 제1 그룹에 적용되는 필터는 $H=[H_2 H_1 H_0 H_1 H_2]$ 로 real domain을 사용하지만, odd sub-carrier로 구성되는 제2 그룹에 적용되는 필터는 $G=[G_2 G_1 G_0 G_1 G_2]=[jH_2 jH_1 jH_0 jH_1 jH_2]$ 와 같이 복소수 도메인(complex domain)으로 구성될 수 있다.

[0059] 상기한 바와 같이 복소수 도메인의 필터 계수를 사용하면, even sub-carrier A와 odd sub-carrier C에 대한, 필터링 이후의 중첩된 신호는 $[AH_1+AG_2 CH_2+CG_1]$ 로 표현된다.

[0060] 수신단에서 매치 필터링을 수행한 후의 신호는 even sub-carrier에 대하여, $H^*=[A|H_1|^2+AG_2H_1^* C|H_2|^2+CG_1H_2^*]$ 로, odd sub-carrier에 대하여, $G^*=[A|G_2|^2+AH_1G_2^* C|G_1|^2+CH_2G_1^*]$ 로 표현 된다.

[0061] 이때, $G_2H_1^*=-H_1G_2^*$ 이고, $G_1H_2^*=-H_2G_1^*$ 이므로, 신호 복원 시 H^* 의 첫 번째 값과 G^* 의 첫 번째 값을 더하면 간섭이 제거되고, 원본 신호를 복원할 수 있다. 유사하게 H^* 의 두 번째 값과 G^* 의 두 번째 값을 더하면 간섭이 제거되고 원본 신호 C 를 복원할 수 있다. 이때, 기존의 real domain에서 정의된 FBMC 필터 계수가 중첩된 신호들 간의 직교성을 확보하게 설계가 되어 있는 것과 유사하게, 본 발명의 실시 예에 따른 complex domain 필터 역시 직교성을 갖도록 설계된다. 결과적으로, 본원 발명에 따르면, 확산된 신호의 적어도 일부를 인접한 QAM 신호의 확산된 신호와 교차하고, 분류된 QAM 신호 그룹에 대하여 복소 관계의 서로 다른 필터를 적용함으로써, 도 8 및 도 9를 참조하여 설명한 동일한 FBMC 심볼 내 인접 대역 신호 간 간섭(510) 및 다른 FBMC 심볼의 동일 대역 신호로부터의 간섭(530)을 제거할 수 있다.

[0062] 상기에서는, 본원발명에 따른 필터링 과정을, 확산 신호 교차 과정과 필터 계수 적용 과정으로 분리하여 개념적으로 설명하였으나, 이러한 동작은 QAM 신호에 필터를 적용하는 하나의 과정으로 구현될 수 있다.

[0063] 도 12는 본 발명에 따른 QAM 신호의 송신 방법을 나타낸 순서도이다.

[0064] 도 12를 참조하면, 본 발명에 따른 송신 장치는 M개의 QAM 신호(또는, 심볼)로 구성되는 데이터 신호를 수신한다(610).

[0065] 다음으로, 송신 장치는 M개의 QAM 신호를 복수의 그룹으로 나눈다(620). 본 발명의 실시 예에서, 송신 장치는 M개의 QAM 신호를 제1 그룹과 제2 그룹으로 나눌 수 있다. 이때, 송신 장치는 M개의 QAM 신호를 짝수 인덱스를 갖는 신호와 홀수 인덱스를 갖는 신호의 두 그룹으로 나눌 수 있다.

[0066] 다음으로, 송신 장치는 각각의 QAM 신호에 대하여 주파수 확산을 수행한다(630). 송신 장치는 각각의 QAM 신호

를 주파수 축에서 $2K-1$ 개의 신호로 확산(오버 샘플링)한다.

[0067] 다음으로, 송신 장치는 확산된 신호에 대하여 교차를 수행한다(640). 본 발명의 실시 예에서, 송신 장치는 확산된 신호 중 인접 신호와 중첩되는 신호의 적어도 일부를, 인접 심볼의 확산된 신호와 주파수 상에서 교차한다. 예를 들어, 송신 장치는 확산된 신호 중 0번째 필터 계수로 필터링 되는 신호를 제외한 나머지 신호들 중 적어도 일부를, 인접 심볼의 확산된 신호 중 0번째 필터 계수로 필터링되는 신호를 제외한 나머지 신호들 중 적어도 일부와 교차한다. 이때 인접한 신호가 서로 다른 그룹으로 분류된 경우, 상호 교차되는 인접 신호는 서로 다른 그룹으로 분류된 신호일 수 있다.

$$\frac{(K+1)}{2}$$

[0068] 이때, 교차되는 적어도 일부의 확산된 신호는 인덱스 $\frac{(K+1)}{2}$ 부터 인덱스 $K-1$ 까지의 신호일 수 있다. 또한, 인접 심볼과 중첩되는 확산된 신호 중 적어도 일부는 기 설정된 규칙에 따라 인접 심볼의 확산된 신호와 교차될 수 있다. 다양한 실시 예에서, 인접 심볼과 중첩되는 확산된 신호 중 적어도 일부는, 동일한 인덱스를 갖는 인접 심볼의 확산된 신호와 교차될 수 있다.

[0069] 다음으로, 송신 장치는 교차된 확산 신호에 대해 그룹 별로 필터링을 수행한다(650). 본 발명의 실시 예에 따르면, 각 그룹에 적용되는 필터는 복소 관계를 갖는다. 즉, 제2 그룹에 적용되는 필터의 필터 계수들은, 제1 그룹에 적용되는 필터의 필터 계수들에 대한 복소값으로 구성될 수 있다. 예를 들어, 제1 그룹에 적용되는 필터의 계수들이 real domain으로 구성된 경우, 제2 그룹에 적용되는 필터의 계수들은 complex domain으로 구성될 수 있다. 따라서, 송신 장치는 각각의 그룹에 대하여 복소 관계의 서로 다른 필터를 적용하여 그룹 별로 필터링을 수행한다.

[0070] 다음으로, 송신 장치는 필터링된 신호를 역푸리에 변환(inverse fast fourier transform; IFFT)을 이용하여 변환하고(660), overlap/sum을 통해 시간 축에서 중첩한다(670).

[0071] 이후 송신 장치는 중첩된 신호를 송신 장치의 통신부를 통하여 수신 장치로 전송할 수 있다(680).

[0072] 도 13은 본 발명에 따른 QAM 신호의 수신 방법을 나타낸 순서도이다.

[0073] 도 13을 참조하면, 본 발명에 따른 수신 장치는 송신 장치로부터 신호를 수신한다(710).

[0074] 수신 장치는 수신된 신호에 푸리에 변환(fast fourier transform; FFT)을 적용하여 변환하고(720), 변환된 신호를 복수의 그룹으로 나눈다(730). 본 발명의 실시 예에서, 수신 장치는 수신된 신호를 제1 그룹과 제2 그룹으로 나눌 수 있다. 이때, 수신된 신호를 짝수 인덱스를 갖는 신호와 홀수 인덱스를 갖는 신호의 두 그룹으로 나눌 수 있다.

[0075] 다음으로, 수신 장치는 그룹 별로 필터링을 수행한다(740). 본 발명의 실시 예에 따르면, 각 그룹에 적용되는 필터는 복소 관계를 갖는다. 즉, 제2 그룹에 적용되는 필터의 필터 계수들은, 제1 그룹에 적용되는 필터의 필터 계수들에 대한 복소값으로 구성될 수 있다. 예를 들어, 제1 그룹에 적용되는 필터의 계수들이 real domain으로 구성된 경우, 제2 그룹에 적용되는 필터의 계수들은 complex domain으로 구성될 수 있다. 따라서, 수신 장치는 각각의 그룹에 대하여 복소 관계의 서로 다른 필터를 적용하여 그룹 별로 필터링을 수행한다.

[0076] 다음으로, 수신 장치는 element wise sum을 통해 잡음 성분을 제거하고(750), 역확산을 통해 주파수 축 변조 신호를 복원한 후(760), 데이터 역변조 과정을 통해 원래 신호를 복구한다(770).

[0077] 도 14는 본 발명에 따른 송신 장치의 구성을 나타낸 블록도이다.

[0078] 도 14를 참조하면, 본 발명에 따른 송신 장치(800)는 복수의 그룹 d1(n) 및 d2(n)으로 분할된 입력신호를 S/P(Serial-to-Parallel) 변환기(810)를 통해 병렬신호로 변환하고, 변환된 신호를 필터링부(820)를 통해 상술한 본 발명이 실시 예에 따라 필터링한 후, 역푸리에 변환기(inverse fast fourier transform; IFFT)(830)에 의하여 역푸리에 변환한다. 송신 장치(800)는 Overlap/sum 블록(840) 및 P/S(Parallel-to-Serial)(850)에 의한 중첩 과정을 통해 최종 생성된 신호를 통신부를 통하여 전송한다.

[0079] 도 15는 본 발명에 따른 수신 장치의 구성을 나타낸 블록도이다.

[0080] 도 15를 참조하면, 본 발명에 따른 수신 장치(900)는 통신부를 통하여 수신된 수신 신호 $x(n)$ 을 S/P 변환기(910)에 의해 병렬 신호로 변환하고, 변환된 신호를 필터링부(920)를 통해 상술한 본 발명의 실시 예에 따라 필터링 한 후, 푸리에 변환기(fast fourier transform; FFT)(930)를 통해 푸리에 변환을 수행한다. 또한, 본 발명에 따른 수신 장치(900)는 주파수 등화기(Frequency equalizer)(940)를 통해 신호를 등화하고, P/S 변환기(950)에 의해 등화된 신호를 직렬 신호로 변환하여 최종 신호를 복원한다.

[0081] 본 발명에 따른 complex domain의 필터는 필터 차수 K가 증가할수록 더 좋은 성능을 나타낸다. 하지만 K가 증가할수록 IFFT 및 FFT의 크기가 K배만큼 증가함으로써 복잡도가 증가하는 단점이 있다.

[0082] 복잡도 감소를 위해 본 발명의 다양한 실시 예에서는 주파수 축에서의 필터링을 시간 축에서 구현할 수 있다. 즉, 본 발명의 다양한 실시 예에서는 주파수 축에서의 convolution 연산을, 도 14 및 도 15에 도시된 것처럼 시간 축에서의 weighted sum으로 대체함으로써 IFFT 및 FFT 크기의 증가 없이 송수신 장치를 구현할 수 있다.

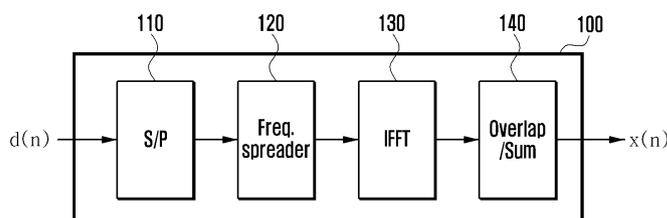
[0083] 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시 예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시 예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

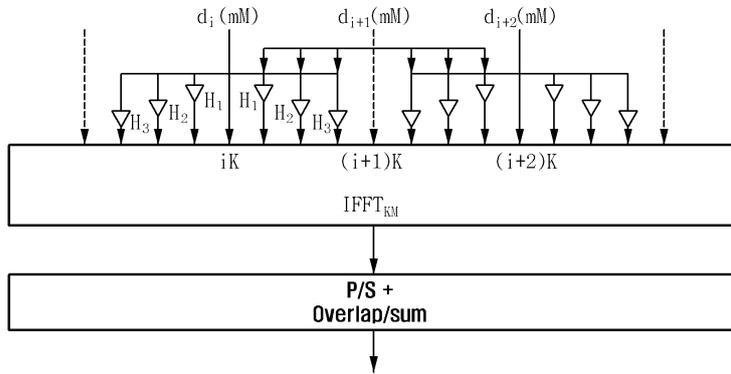
- [0084] 100: 종래의 송신 장치 110: S/P 변환기
- 120: 확산기 130: 역푸리에 변환기
- 200: 종래의 수신 장치 210: S/P 변환기
- 220: 푸리에 변환기 230: 주파수 등화기
- 240: 주파수 역확산기
- 300: 송신 장치 311, 312: S/P 변환기
- 321, 322: IFFT 330: P/S 변환기
- 340: overlap/sum 블록
- 400: 수신 장치 410: S/P 변환기
- 420: Weighted sum 블록 430: FFT 변환기
- 440: one-tap 등화기 450: P/S 변환기

도면

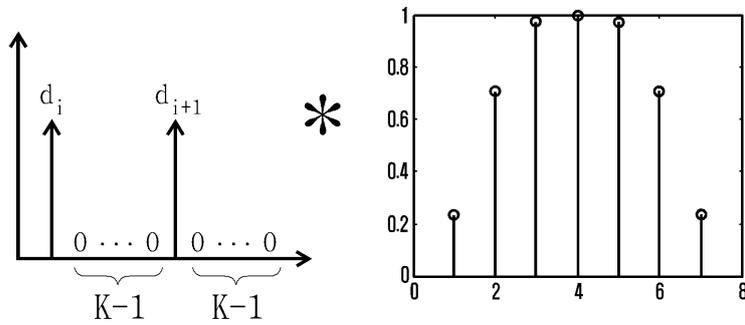
도면1



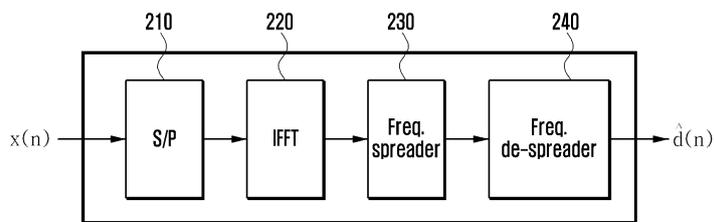
도면2



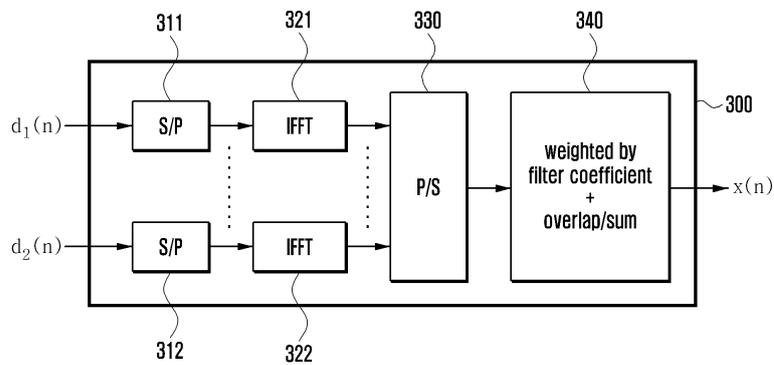
도면3



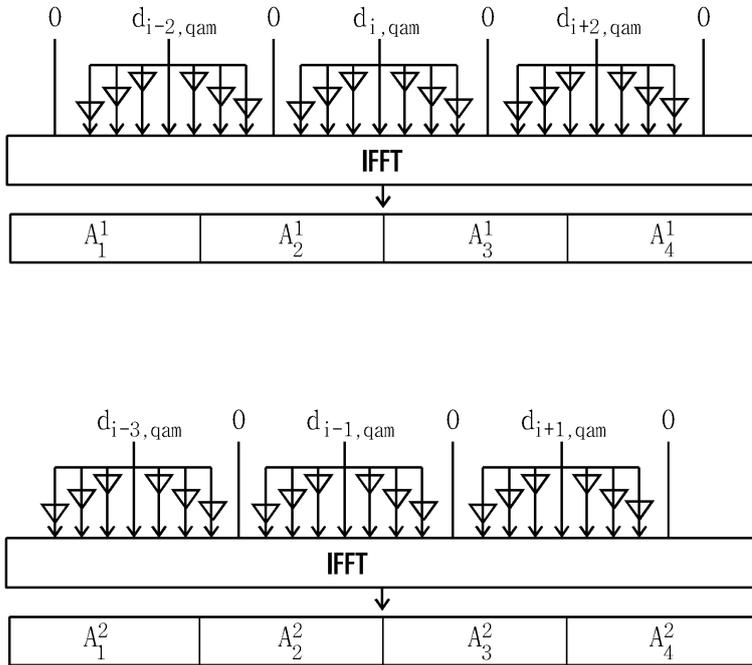
도면4



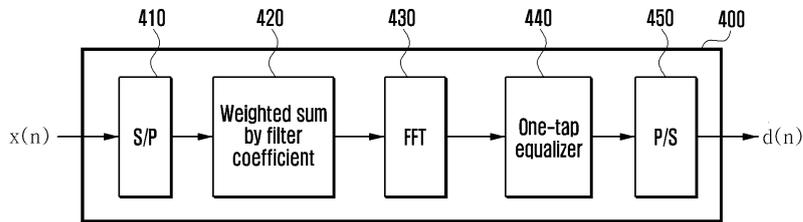
도면5



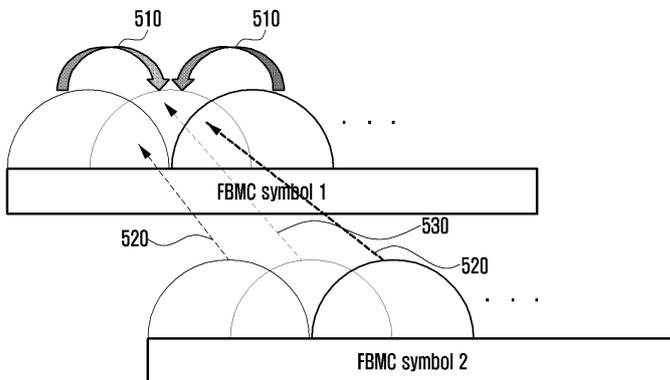
도면6



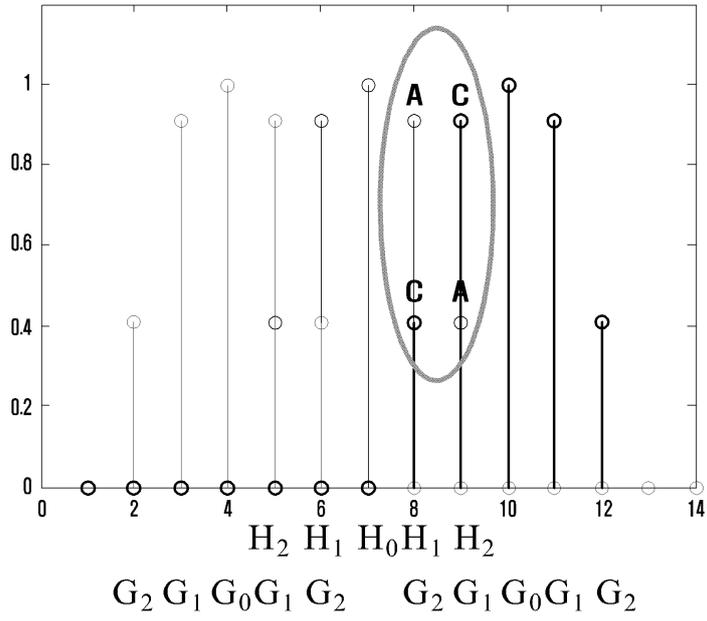
도면7



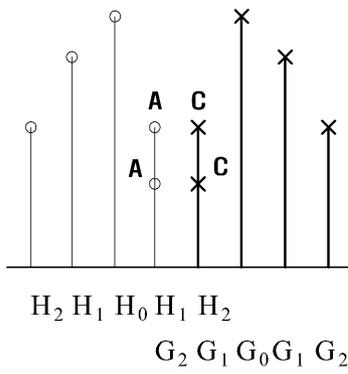
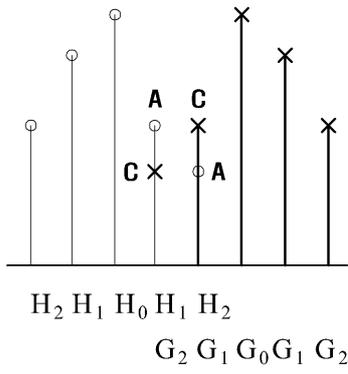
도면8



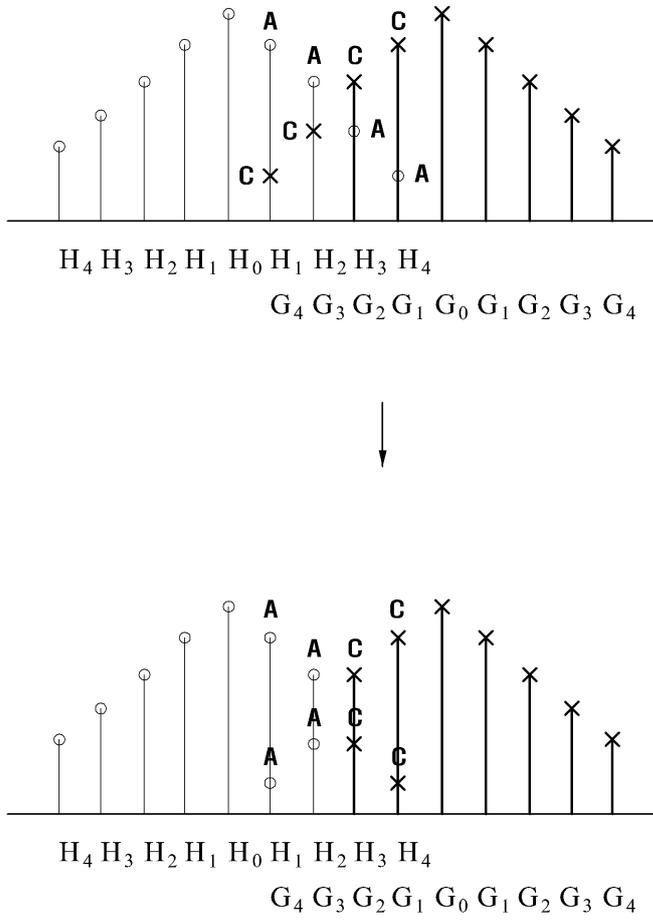
도면9



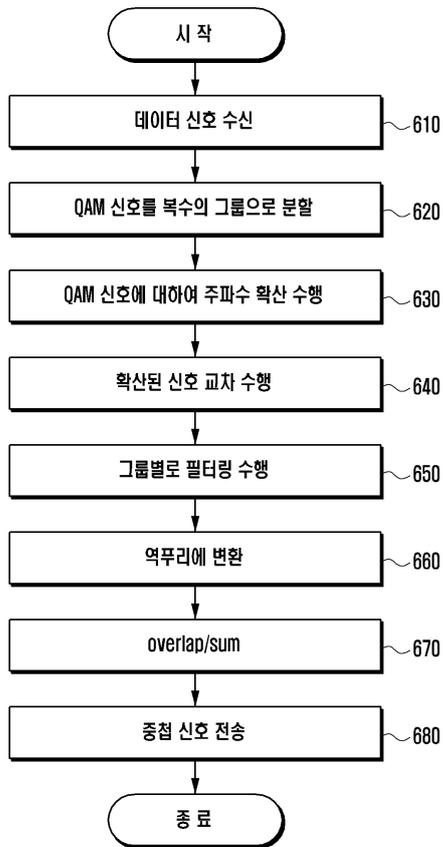
도면10



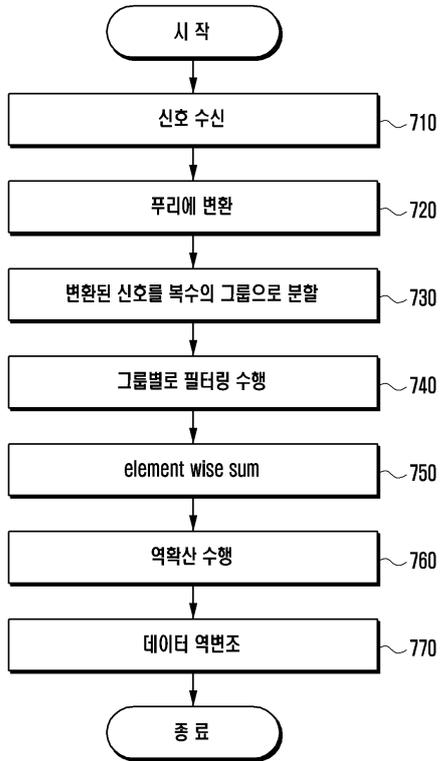
도면11



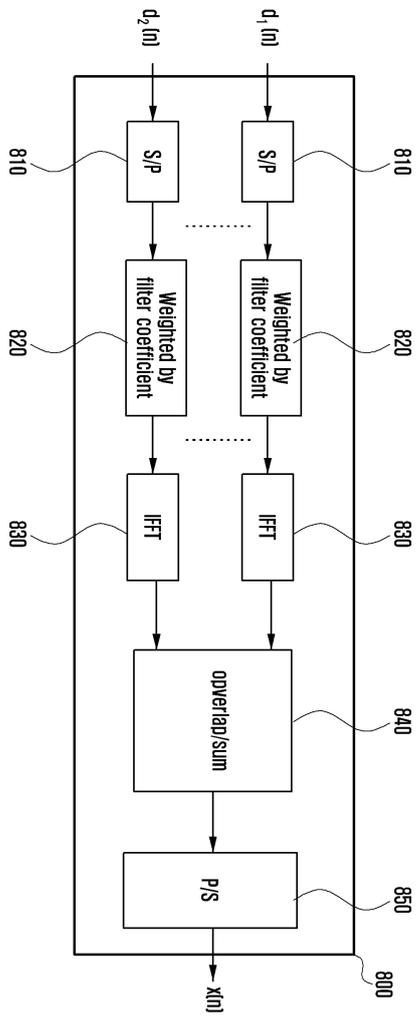
도면12



도면13



도면14



도면15

