



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년06월14일
(11) 등록번호 10-1867612
(24) 등록일자 2018년06월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 27/26 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0117005
(22) 출원일자 2011년11월10일
심사청구일자 2016년05월30일
(65) 공개번호 10-2012-0054523
(43) 공개일자 2012년05월30일
(30) 우선권주장
1020100115647 2010년11월19일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
US20090279422 A1*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
한국전자통신연구원
대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)
(72) 발명자
임종수
대전광역시 중구 용두로 19 (용두동)
(74) 대리인
특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 16 항

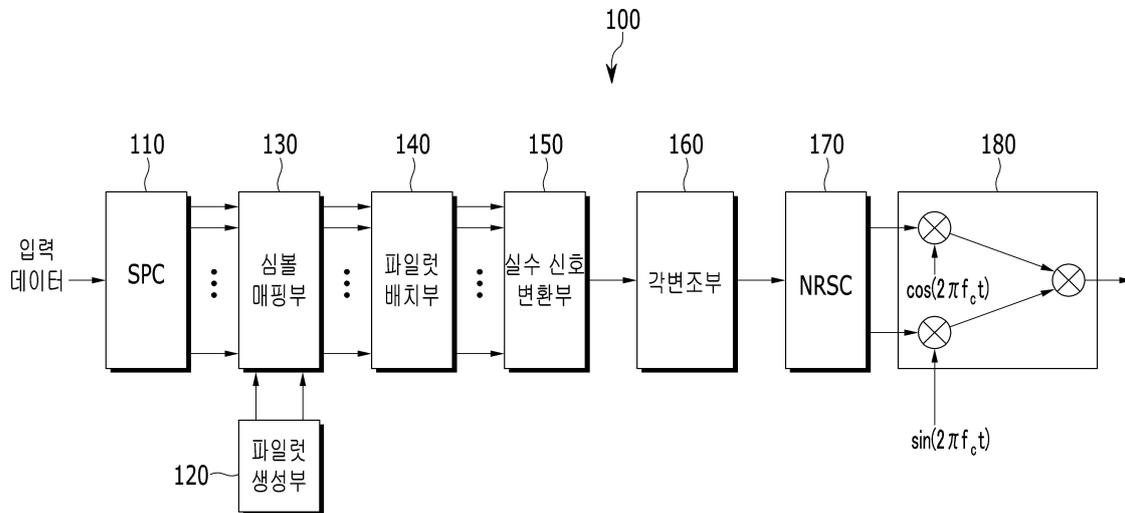
심사관 : 노상민

(54) 발명의 명칭 데이터 송수신 장치 및 방법

(57) 요약

데이터 송신 장치는 데이터 수신 장치에서 채널 추정에 사용할 복수의 파일럿 신호를 생성하고, 복수의 입력 데이터 신호와 복수의 파일럿 신호를 심볼 매핑하여 복수의 데이터 심볼과 복수의 파일럿 심볼을 생성하며, 복수의 데이터 심볼과 복수의 파일럿 심볼을 포함하는 주파수 영역의 입력 심볼을 주파수 영역에서 시간 영역의 실수 신호로 변환한 후 각변조한다. 그리고 데이터 송신 장치는 제어 신호에 따라 가변되는 이득으로 각변조된 실수 신호에 대한 사인 신호의 크기를 제어한 후 송신한다.

대표도



(56) 선행기술조사문헌

US20070092018 A1

US20050078776 A1

US20100208837 A1*

US20050276359 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

데이터를 송신하는 장치에서,

데이터 수신 장치에서 채널 추정에 사용할 적어도 하나의 파일럿 신호를 생성하는 파일럿 생성부,

복수의 데이터 신호와 상기 적어도 하나의 파일럿 신호에 대해 심볼 매핑하여 복수의 데이터 심볼과 적어도 하나의 파일럿 심볼을 생성하는 심볼 매핑부,

상기 복수의 데이터 심볼과 상기 적어도 하나의 파일럿 심볼을 포함하는 주파수 영역의 입력 심볼을 시간 영역의 실수 신호로 변환하는 실수 신호 변환부,

상기 실수 신호를 각변조하는 각변조부,

제1 이득에 따라서 각변조된 실수 신호의 사인 성분의 크기를 조정하며, 입력되는 신호에 따라서 상기 제1 이득을 가변시키는 PAPR 제어 및 전력 정규화부, 그리고

상기 크기가 조정된 실수 신호를 무선 주파수 신호로 변환하여 송신하는 신호 송신부

를 포함하고,

상기 각변조부는,

제2 이득에 따라서 상기 실수 신호의 크기를 제어하는 위상 제어기, 그리고

상기 실수 신호를 코사인 신호와 사인 신호로 각변조하는 변조기를 포함하는

데이터 송신 장치.

청구항 2

제1항에서,

적어도 하나의 데이터 심볼을 각각 포함하는 복수의 데이터 심볼 그룹 각각에 대응하여 파일럿 심볼을 설정하고, 상기 각 데이터 심볼 그룹의 하나의 데이터 심볼과 파일럿 심볼을 이용하여 두 개의 심볼을 생성한 후에 상기 각 데이터 심볼 그룹에 배치하여 상기 실수 신호 변환부로 출력하는 심볼 배치부

를 더 포함하는 데이터 송신 장치.

청구항 3

제2항에서,

상기 심볼 배치부는 상기 하나의 데이터 심볼과 파일럿 심볼을 더해서 상기 두 개의 심볼 중 하나의 심볼을 생성하고, 상기 하나의 데이터 심볼과 파일럿 심볼을 빼어서 상기 두 개의 심볼 중 다른 하나의 심볼을 생성하는 데이터 송신 장치.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에서,

상기 실수 신호 변환부는,

상기 입력 심볼의 평균 전력이 1이 되도록 상기 입력 심볼을 정규화하는 정규화부,

복수의 입력 신호에 대해 역고속 푸리에 변환하는 역고속 푸리에 변환부, 그리고
 상기 입력 심볼과 상기 입력 심볼을 공액 복소 변환한 공액 복소 심볼을 상기 역고속 푸리에 변환부로 입력시키는 입력 신호 처리부를 포함하는 데이터 송신 장치.

청구항 6

제5항에서,
 상기 입력 신호 처리부는,
 상기 입력 심볼의 심볼 수가 N개인 경우, N개의 데이터 심볼을 0부터 N-1번째 입력 신호의 위치에 위치시키고, N부터 (2N-1)번째 입력 신호의 위치에 상기 복수의 공액 복소 심볼을 위치시키되,
 (N+1)번째부터 (2N-1)까지의 입력 신호의 위치에 (2N-k)번째 입력 신호의 복소 공액 심볼을 위치시키며,
 상기 N은 양수이고, k는 N+1부터 2N-1까지의 값인 데이터 송신 장치.

청구항 7

제1항에서,
 상기 PAPR 제어 및 전력 정규화부는,
 상기 제1 이득에 따라서 상기 각변조된 실수 신호의 사인 성분의 크기를 제어하는 PAPR 제어기,
 상기 실수 신호의 코사인 성분에 정규화를 위한 설정 값을 곱하여 기저대역 I 신호를 생성하는 제1 곱셈기, 그리고
 상기 제1 이득에 따라 크기가 제어된 상기 실수 신호의 사인 성분을 상기 설정 값을 곱하여 기저대역 Q 신호를 생성하는 제2 곱셈기를 포함하며,
 상기 제1 이득이 1인 경우 PAPR이 0이 되는 데이터 송신 장치.

청구항 8

데이터를 수신하는 장치에서,
 수신 데이터에 대응하는 기저대역 신호의 크기를 PAPR 제어를 위해 데이터 송신 장치에서 조정된 크기에 대응하여 보상하는 전력 보상부,
 상기 크기가 보상된 기저대역 신호를 각복조하는 각복조부,
 각복조된 신호를 고속 푸리에 변환을 통해 시간 영역에서 주파수 영역의 복수의 병렬 심볼로 변환하는 정규화 및 실수 신호 역변환부,
 상기 병렬 심볼로부터 파일럿 심볼과 데이터 심볼들을 추출하는 파일럿 추출부,
 상기 파일럿 심볼을 이용하여 채널을 추정하는 채널 추정부,
 추정된 채널을 이용하여 채널을 보상하는 채널 등화부, 그리고
 상기 데이터 심볼들을 심볼 디매핑하여 복수의 데이터 신호를 생성하여 데이터를 복원하는 심볼 디매핑부를 포함하고,
 상기 각복조부는,
 상기 기저대역 신호의 위상 추정 값을 계산하는 위상 추정부, 그리고
 상기 위상 추정 값으로부터 상기 기저대역 신호의 위상을 보상하는 위상 보상부를 포함하고,
 상기 전력 보상부는,
 상기 기저대역 신호의 I 신호 및 Q 신호의 크기를 각각 보상하는 두 곱셈기, 그리고

상기 크기가 보상된 Q 신호를 이득으로 나누어서 출력하는 PAPR 제어기를 포함하며,
 상기 이득은 가변되는
 데이터 수신 장치.

청구항 9

삭제

청구항 10

제8항에서,

상기 위상 추정부는 상기 기저대역 신호의 위상의 평균 값을 구하고, 상기 평균값의 역탄젠트를 이용하여 상기 위상 추정 값을 계산하는 데이터 수신 장치.

청구항 11

제8항에서,

상기 위상 추정부는 상기 기저대역 신호를 필터링한 후 역탄젠트를 이용하여 상기 위상 추정 값을 계산하는 데이터 수신 장치.

청구항 12

제8항에서,

상기 파일럿 추출부는 상기 병렬 심볼로부터 상기 데이터 송신 장치에서 파일럿 심볼을 이용하여 생성한 두 심볼의 위치 정보를 획득하고, 상기 위치 정보에 해당하는 두 심볼을 이용하여 파일럿 심볼과 데이터 심볼을 추출하는 데이터 수신 장치.

청구항 13

삭제

청구항 14

제8항에서,

상기 실수 신호 역변환부는,
 복수의 입력 신호에 대해 고속 푸리에 변환하여 상기 병렬 심볼을 생성하는 고속 푸리에 변환부,
 상기 각복조된 기저대역 신호를 직렬 신호에서 병렬 신호로 변환하는 직렬-병렬 변환부, 그리고
 상기 병렬 심볼의 일부를 상기 디매핑부로 출력하는 신호 처리부를 포함하는 데이터 수신 장치.

청구항 15

데이터 송신 장치가 데이터를 송신하는 방법에서,
 데이터 수신 장치에서 채널 추정에 사용할 복수의 파일럿 신호를 생성하는 단계,
 복수의 입력 신호와 상기 복수의 파일럿 신호를 심볼 매핑하여 복수의 데이터 심볼과 복수의 파일럿 심볼을 생성하는 단계,
 상기 복수의 데이터 심볼과 상기 복수의 파일럿 심볼을 포함하는 주파수 영역의 입력 심볼을 주파수 영역에서 시간 영역의 실수 신호로 변환하는 단계,
 상기 실수 신호를 각변조하는 단계,
 이득에 따라서 각변조된 실수 신호에 대한 사인 신호의 크기를 제어하는 단계, 그리고
 상기 각변조된 실수 신호를 무선 주파수 신호로 변환하여 송신하는 단계

를 포함하고,
 상기 각변조하는 단계는,
 제2 이득에 따라서 상기 실수 신호의 크기를 제어하는 단계, 및
 상기 실수 신호를 코사인 신호와 사인 신호로 각변조하는 단계
 를 포함하는 데이터 송신 방법.

청구항 16

제15항에서,
 상기 생성하는 단계는,
 적어도 하나의 데이터 심볼을 각각 포함하는 복수의 데이터 심볼 그룹 각각에 대응하여 파일럿 심볼을 설정하는
 단계,
 상기 각 데이터 심볼 그룹의 하나의 데이터 심볼과 파일럿 심볼을 이용하여 두 개의 심볼을 생성하는 단계, 그
 리고
 상기 두 개의 심볼을 상기 각 데이터 심볼 그룹에 배치하는 단계를 포함하는 데이터 송신 방법.

청구항 17

제15항에서,
 상기 제어하는 단계는,
 입력되는 제어 신호에 따라서 상기 이득을 가변시키는 단계를 포함하는 데이터 송신 방법.

청구항 18

데이터 수신 장치가 데이터를 수신하는 방법에서,
 수신 데이터에 대응하는 기저대역 신호의 크기를 보상하는 단계,
 상기 기저대역 신호를 각복조하는 단계,
 각복조된 신호를 고속 푸리에 변환을 통해 시간 영역에서 주파수 영역의 복수의 병렬 심볼로 변환하는 단계,
 상기 병렬 심볼로부터 파일럿 심볼과 데이터 심볼들을 추출하는 단계,
 상기 파일럿 심볼을 이용하여 추정된 채널을 보상하는 단계, 그리고
 상기 데이터 심볼들을 심볼 디매핑하여 상기 수신 데이터를 복원하는 단계
 를 포함하고,
 상기 각복조하는 단계는,
 상기 기저대역 신호의 위상을 추정하는 단계, 그리고
 위상 추정 값을 이용하여 상기 기저대역 신호의 위상을 보상하는 단계를 포함하고,
 상기 기저대역 신호의 크기를 보상하는 단계는,
 상기 기저대역 신호의 I 신호 및 Q 신호의 크기를 각각 보상하는 단계; 및
 상기 크기가 보상된 Q 신호를 이득으로 나누어서 출력하는 단계
 를 포함하고,
 상기 이득은 가변되는 데이터 수신 방법.

청구항 19

삭제

청구항 20

제18항에서,

상기 추출하는 단계는,

데이터 송신 장치에서 파일럿 심볼을 이용하여 생성한 두 심볼의 위치 정보를 획득하는 단계, 그리고

상기 위치 정보에 해당하는 두 심볼을 이용하여 파일럿 심볼과 데이터 심볼들을 추출하는 단계를 포함하는 데이터 수신 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 데이터 송수신 장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 직교 주파수 분할 다중화(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) 방식을 이용하여 데이터를 전송하는 통신 시스템에서 평균전력 대 첨두전력비(Peak-to-Average Power Ratio, PAPR)를 제어하기 위한 데이터 송수신 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)은 간단한 등화기를 통해 구현될 수 있으면서도 다중 경로 페이딩에 강한 특성을 지니고 있어, 무선 근거리 통신망(Wireless Local Area Network, WLAN), 무선 도시권 통신망(Wireless Metropolitan Area Network, WMAN), 디지털 오디오 방송(Digital Audio Broadcast, DAB), 디지털 비디오 방송(Digital Video Broadcast, DVB) 등의 여러 무선통신 시스템에서 채택되어 사용되고 있다.

[0003] 그러나 OFDM은 다수의 반송파를 이용하기 때문에 동위상의 신호가 합쳐져 최대 12dB의 높은 평균전력 대 첨두전력비(Peak-to-Average Power Ratio, PAPR)이 발생하며, 높은 PAPR로 인하여 OFDM 송신기의 전력증폭기(power amplifier)의 동작점이 비선형 영역에 위치하게 되어 신호의 비선형 왜곡이 발생한다. 따라서, OFDM 시스템에서는 PAPR에 의한 영향을 감소시키기 위하여 전력 증폭기를 백오프(back off)시키고 있는데, 전력 증폭기에 충분한 백오프를 주지 않으면 시스템의 주파수 스펙트럼이 넓어지고 상호 주파수간 변조에 의한 왜곡이 발생하여 결과적으로 시스템 성능의 저하를 초래하게 된다. 따라서, OFDM 송신기의 전력 효율과 소형화를 위해서 PAPR을 낮추어야 하는 것은 필수적이다.

[0004] 최대 12dB까지 높은 PAPR을 가지는 OFDM 방식에 위상 변조(Phase Modulation, PM) 또는 주파수 변조(Frequency Modulation, FM) 방식을 결합하면, PAPR을 0dB까지 낮출 수 있다.

[0005] OFDM 방식에 아날로그 방식인 PM 및 FM 방식의 결합은 다중 경로가 존재하는 채널에서 수신 성능을 저하시키게 되며, FM 방식은 요구되는 주파수 대역이 넓을 뿐만 아니라 수신 성능의 저하 정도가 PM 방식보다 심각하다는 단점이 있다.

[0006] 또한 OFDM을 이용한 가시광 무선 통신(Visible Light Communication, VLC)의 경우 PAPR을 0dB로 낮추는 것이 효율적이지만, 적외선 등 조명이 아닌 광 통신의 경우 수신 성능을 위해 PAPR을 높일 필요가 있다. 따라서, 획일적인 PAPR의 제어는 시스템의 성능을 저하시키게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 OFDM 방식을 이용하여 데이터를 전송하는 시스템에서 PAPR을 낮출 수 있는 동시에 다중 경로 채널에서 안정된 수신 성능을 보장할 수 있는 데이터 송수신 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 한 실시 예에 따르면, 데이터를 송신하는 장치가 제공된다. 데이터 송신 장치는 파일럿 생성부, 심볼 매핑부, 실수 신호 변환부, 각변조부, PAPR 제어 및 전력 정규화부 및 신호 송신부를 포함한다. 파일럿 생성부

는 데이터 수신 장치에서 채널 추정에 사용할 적어도 하나의 파일럿 신호를 생성한다. 심볼 매핑부는 복수의 데이터 신호와 상기 적어도 하나의 파일럿 신호에 대해 심볼 매핑하여 복수의 데이터 심볼과 적어도 하나의 파일럿 심볼을 생성한다. 실수 신호 변환부는 상기 복수의 데이터 심볼과 상기 적어도 하나의 파일럿 심볼을 포함하는 주파수 영역의 입력 심볼을 시간 영역의 실수 신호로 변환한다. 각변조부는 상기 실수 신호를 각변조한다. PAPR 제어 및 전력 정규화부는 제1 이득에 따라서 각변조된 실수 신호의 사인 성분의 크기를 조정하며, 입력되는 신호에 따라서 상기 제1 이득을 가변시킨다. 그리고 신호 송신부는 상기 크기가 조정된 실수 신호를 무선 주파수 신호로 변환하여 송신한다.

- [0009] 상기 데이터 송신 장치는 심볼 배치부를 더 포함하며, 심볼 배치부는 적어도 하나의 데이터 심볼을 각각 포함하는 복수의 데이터 심볼 그룹 각각에 대응하여 파일럿 심볼을 설정하고, 상기 각 데이터 심볼 그룹의 하나의 데이터 심볼과 파일럿 심볼을 이용하여 두 개의 심볼을 생성한 후에 상기 각 데이터 심볼 그룹에 배치하여 상기 실수 신호 변환부로 출력한다.
- [0010] 상기 심볼 배치부는 상기 하나의 데이터 심볼과 파일럿 심볼을 더해서 상기 두 개의 심볼 중 하나의 심볼을 생성하고, 상기 하나의 데이터 심볼과 파일럿 심볼을 빼어서 상기 두 개의 심볼 중 다른 하나의 심볼을 생성할 수 있다.
- [0011] 상기 각변조부는, 제2 이득에 따라서 상기 실수 신호의 크기를 제어하는 위상 제어기, 그리고 상기 실수 신호를 코사인 신호와 사인 신호로 각변조하는 변조기를 포함할 수 있다.
- [0012] 상기 실수 신호 변환부는, 상기 입력 심볼의 평균 전력이 1이 되도록 상기 입력 심볼을 정규화하는 정규화부, 복수의 입력 신호에 대해 역고속 푸리에 변환하는 역고속 푸리에 변환부, 그리고 상기 입력 심볼과 상기 입력 심볼을 공액복소 변환한 공액 복소 심볼을 상기 역고속 푸리에 변환부로 입력시키는 입력 신호 처리부를 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 PAPR 제어 및 전력 정규화부는, 상기 제1 이득에 따라서 상기 각변조된 실수 신호의 사인 성분의 크기를 제어하는 PAPR 제어기, 상기 실수 신호의 코사인 성분에 정규화를 위한 설정 값을 곱하여 기저대역 I 신호를 생성하는 제1 곱셈기, 그리고 상기 제1 이득에 따라 크기가 제어된 상기 실수 신호의 사인 성분을 상기 설정 값을 곱하여 기저대역 Q 신호를 생성하는 제2 곱셈기를 포함하며, 상기 제1 이득이 1인 경우 PAPR이 0이 될 수 있다.
- [0014] 본 발명의 다른 실시 예에 따르면, 데이터를 수신하는 장치가 제공된다. 데이터 수신 장치는 전력 보상부, 각복조부, 정규화 및 실수 신호 역변환부, 파일럿 추출부, 채널 추정부, 채널 등화부, 그리고 심볼 디매핑부를 포함한다. 전력 보상부는 수신 데이터에 대응하는 기저대역 신호의 크기를 PAPR 제어를 위해 데이터 송신 장치에서 조정된 크기에 대응하여 보상한다. 각복조부는 상기 크기가 보상된 기저대역 신호를 각복조한다. 정규화 및 실수 신호 역변환부는 각복조된 신호를 고속 푸리에 변환을 통해 시간 영역에서 주파수 영역의 복수의 병렬 심볼로 변환한다. 파일럿 추출부는 상기 병렬 심볼로부터 파일럿 심볼과 데이터 심볼들을 추출한다. 채널 추정부는 상기 파일럿 심볼을 이용하여 채널을 추정한다. 채널 등화부는 추정된 채널을 이용하여 채널을 보상한다. 그리고 심볼 디매핑부는 상기 데이터 심볼들을 심볼 디매핑하여 복수의 데이터 신호를 생성하여 데이터를 복원한다.
- [0015] 상기 각복조부는, 상기 기저대역 신호의 위상 추정 값을 계산하는 위상 추정부, 그리고 상기 위상 추정 값으로부터 상기 기저대역 신호의 위상을 보상하는 위상 보상부를 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 위상 추정부는 상기 기저대역 신호의 위상의 평균 값을 구하고, 상기 평균값의 역탄젠트를 이용하여 상기 위상 추정 값을 계산할 수 있다.
- [0017] 상기 위상 추정부는 상기 기저대역 신호를 필터링한 후 역탄젠트를 이용하여 상기 위상 추정 값을 계산할 수 있다.
- [0018] 상기 파일럿 추출부는 상기 병렬 심볼로부터 상기 데이터 송신 장치에서 파일럿 심볼을 이용하여 생성한 두 심볼의 위치 정보를 획득하고, 상기 위치 정보에 해당하는 두 심볼을 이용하여 파일럿 심볼과 데이터 심볼을 추출할 수 있다.
- [0019] 상기 전력 보상부는, 상기 기저대역 신호의 I 신호 및 Q 신호의 크기를 각각 보상하는 두 곱셈기, 그리고 상기 크기가 보상된 Q 신호를 이득으로 나누어서 출력하는 PAPR 제어기를 포함하며, 상기 이득이 가변될 수 있다.
- [0020] 상기 실수 신호 역변환부는, 복수의 입력 신호에 대해 고속 푸리에 변환하여 상기 병렬 심볼을 생성하는 고속 푸리에 변환부, 상기 각복조된 기저대역 신호를 직렬 신호에서 병렬 신호로 변환하는 직렬-병렬 변환부, 그리고

상기 병렬 심볼의 일부를 상기 디매핑부로 출력하는 신호 처리부를 포함할 수 있다.

[0021] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따르면, 데이터 송신 장치가 데이터를 송신하는 방법이 제공된다. 데이터 송신 방법은, 데이터 수신 장치에서 채널 추정에 사용할 복수의 파일럿 신호를 생성하는 단계, 복수의 입력 신호와 상기 복수의 파일럿 신호를 심볼 매핑하여 복수의 데이터 심볼과 복수의 파일럿 심볼을 생성하는 단계, 상기 복수의 데이터 심볼과 상기 복수의 파일럿 심볼을 포함하는 주파수 영역의 입력 심볼을 주파수 영역에서 시간 영역의 실수 신호로 변환하는 단계, 상기 실수 신호를 각변조하는 단계, 이득에 따라서 각변조된 실수 신호에 대한 사인 신호의 크기를 제어하는 단계, 그리고 상기 각변조된 실수 신호를 무선 주파수 신호로 변환하여 송신하는 단계를 포함한다.

[0022] 상기 생성하는 단계는, 적어도 하나의 데이터 심볼을 각각 포함하는 복수의 데이터 심볼 그룹 각각에 대응하여 파일럿 심볼을 설정하는 단계, 상기 각 데이터 심볼 그룹의 하나의 데이터 심볼과 파일럿 심볼을 이용하여 두 개의 심볼을 생성하는 단계, 그리고 상기 두 개의 심볼을 상기 각 데이터 심볼 그룹에 배치하는 단계를 포함할 수 있다.

[0023] 상기 제어하는 단계는, 입력되는 제어 신호에 따라서 상기 이득을 가변시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0024] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따르면, 데이터 수신 장치가 데이터를 수신하는 방법이 제공된다. 데이터 수신 방법은, 수신 데이터에 대응하는 기저대역 신호의 크기를 보상하는 단계, 상기 기저대역 신호를 각복조하는 단계, 각복조된 신호를 고속 푸리에 변환을 통해 시간 영역에서 주파수 영역의 복수의 병렬 심볼로 변환하는 단계, 상기 병렬 심볼로부터 파일럿 심볼과 데이터 심볼들을 추출하는 단계, 상기 파일럿 심볼을 이용하여 추정된 채널을 보상하는 단계, 그리고 상기 데이터 심볼들을 심볼 디매핑하여 상기 수신 데이터를 복원하는 단계를 포함한다.

[0025] 상기 각복조하는 단계는, 상기 기저대역 신호의 위상을 추정하는 단계, 그리고 위상 추정 값을 이용하여 상기 기저대역 신호의 위상을 보상하는 단계를 포함할 수 있다.

[0026] 상기 추출하는 단계는, 데이터 송신 장치에서 파일럿 심볼을 이용하여 생성한 두 심볼의 위치 정보를 획득하는 단계, 그리고 상기 위치 정보에 해당하는 두 심볼을 이용하여 파일럿 심볼과 데이터 심볼들을 추출하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0027] 본 발명의 실시 예에 의하면, OFDM 방식에 PM 방식을 결합한 방식으로 데이터를 변조하여 전송함으로써, PAPR을 0dB까지 낮출 수 있으며, 수신 환경에 따라 PAPR을 가변시킬 수 있어서 수신 성능을 향상시킬 수 있다. 따라서, 다중 경로 채널에서 송신기의 규격 변경 없이 PAPR과 수신 성능 모두를 고려한 서비스가 가능해질 수 있다. 일례로, 조명을 이용한 가시광 무선 통신의 경우 PAPR을 0dB로 제어함으로써 플리커 발생을 방지할 수 있고, 적외선 등 조명이 아닌 무선 광을 이용한 통신의 경우 PAPR을 높여서 수신 성능을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 OFDM 송신 장치를 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 OFDM 송신 장치의 신호 송신 방법을 나타낸 흐름도이다.
- 도 3은 도 1에 도시된 파일럿 생성부의 일 예를 나타낸 도면이다.
- 도 4는 파일럿 신호의 생성 방법의 일 예를 나타낸 도면이다.
- 도 5는 도 1의 심볼 매핑부에서 매핑된 심볼의 일 예를 나타낸 도면이다.
- 도 6은 도 1의 심볼 매핑부에서 정규화한 심볼의 일 예를 나타낸 도면이다.
- 도 7은 도 1에 도시된 파일럿 배치부에서 수행하는 데이터 심볼 그룹화 방법의 일 예를 나타낸 도면이다.
- 도 8은 도 1에 도시된 파일럿 배치부에서 수행하는 데이터 심볼과 파일럿 심볼의 배치 방법의 일 예를 나타낸 도면이다.
- 도 9는 도 1에 도시된 실수 신호 변환부를 나타낸 도면이다.
- 도 10은 도 1에 도시된 각변조부를 나타낸 도면이다.

- 도 11은 각 변조부의 입력 신호의 위상 크기 분포를 나타낸 도면이다.
- 도 12는 각 변조부의 출력 신호에 대한 위상 크기 분포를 나타낸 도면이다.
- 도 13은 도 1에 도시된 PCPN를 나타낸 도면이다.
- 도 14는 본 발명의 실시 예에 따른 OFDM 수신 장치를 나타낸 도면이다.
- 도 15는 본 발명의 실시 예에 따른 OFDM 수신 장치의 데이터 수신 방법을 나타낸 흐름도이다.
- 도 16은 도 14에 도시된 수신 신호 처리부의 일 예를 나타낸 도면이다.
- 도 17은 도 14에 도시된 전력 보상부를 나타낸 도면이다.
- 도 18은 도 10에 도시된 각복조부를 나타낸 도면이다.
- 도 19 및 도 20은 각각 도 18에 도시된 위상 추정부를 나타낸 도면이다.
- 도 21은 도 18에 도시된 위상 보상부를 나타낸 도면이다.
- 도 22는 도 14에 도시된 실수 신호 변환기를 나타낸 도면이다.
- 도 23은 도 14에 도시된 파일럿 추출부의 파일럿 추출 방법을 나타낸 도면이다.
- 도 24는 도 14에 도시된 채널 추정부를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다.
- [0030] 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0031] 명세서 및 청구범위 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0032] 이제 본 발명의 실시 예에 따른 데이터 송수신 장치 및 방법에 대하여 도면을 참고로 상세하게 설명한다.
- [0033] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 OFDM 송신 장치를 나타낸 도면이고, 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 OFDM 송신 장치의 신호 송신 방법을 나타낸 흐름도이다.
- [0034] 도 1을 참고하면, OFDM 송신 장치(100)는 직렬-병렬 변환부(Serial to Parallel Converter, SPC)(110), 파일럿 생성부(120), 심볼 매핑부(Symbol mapper)(130), 파일럿 배치부(140), 실수 신호 변환부(Real Signal Converter)(150), 각변조부(Angle Modulation unit)(160), PAPR(Peak to Average Power Ratio) 제어 및 전력 정규화부(PAPR Control & Power Normalize unit, PCPN)(170) 및 신호 송신부(180)를 포함한다.
- [0035] 도 2를 보면, SPC(110)는 비트 형태의 입력 데이터에 해당하는 복수의 직렬 데이터 신호가 입력되면, 복수의 직렬 데이터 신호를 복수의 병렬 데이터 신호로 변환한다(S201).
- [0036] 파일럿 생성부(120)는 OFDM 수신 장치에서 채널 추정 및 채널 등화에 사용될 적어도 하나의 파일럿 신호를 생성한다(S203).
- [0037] 심볼 매핑부(130)는 복수의 병렬 데이터 신호 및 적어도 하나의 파일럿 신호에 대해 BPSK(Binary Phase Shift Keying), QAM(Quadrature Amplitude Modulation), 16-QAM, 64-QAM 등과 같은 디지털 변조를 통해 심볼 매핑하여 복수의 데이터 심볼과 적어도 하나의 파일럿 심볼을 생성한다(S205).
- [0038] 파일럿 배치부(140)는 적어도 하나의 파일럿 심볼과 복수의 데이터 심볼을 채널 추정에 용이하도록 배치한다(S207).
- [0039] 실수 신호 변환부(150)는 적어도 하나의 파일럿 심볼과 복수의 데이터 심볼에 대해 고속 푸리에 변환(Inverse Fast Fourier Transform, IFFT)하여, 주파수 영역에서 시간 영역의 실수 신호로 변환한다(S209). NRSC(130)는 시간 영역의 실수 신호를 직렬 신호로 변환한다(S211).

- [0040] 각변조부(160)는 실수 신호를 각변조하여 실수 신호의 크기를 조정한다(S213). 각변조 방식으로 위상 변조(Phase Modulation, PM) 방식이 사용될 수 있다.
- [0041] PCPN(170)는 이득(Gain)에 따라서 각변조된 실수 신호의 사인 성분의 크기를 조정하여 PAPR을 제어하고(S215), 전력 정규화한다(S217).
- [0042] 다음, 신호 송신부(180)는 전력 정규화된 신호의 실수 성분에 A를 곱하고 전력 정규화된 신호의 허수 성분에 B를 곱한 후 두 성분을 더하여, 전력 정규화된 신호를 무선 주파수 신호로 변환한다(S219). 이때, A는 $\cos(2\pi f_c t)$ 또는 $\sin(2\pi f_c t)$ 일 수 있으며, B는 $\cos(2\pi f_c t)$ 또는 $\sin(2\pi f_c t)$ 일 수 있는데, A와는 다른 값일 수 있다. f_c 는 무선 주파수이다. 도 1에서는 A는 $\cos(2\pi f_c t)$ 이고, B는 $\sin(2\pi f_c t)$ 인 것으로 도시하였다. 또는 신호 송신부(180)는 전력 정규화된 신호의 허수 성분에 -B를 곱할 수 있다.
- [0043] 신호 송신부(160)는 무선 주파수 신호를 송신한다(S221). OFDM 송신 장치(100)에서 송신되는 무선 주파수 신호를 OFDM 신호로 정의할 수 있다.
- [0044] 그러면, OFDM 송신 장치(100)에 대해 도 3 내지 도 9를 참고로 하여 자세하게 설명한다.
- [0045] 도 3은 도 1에 도시된 파일럿 생성부의 일 예를 나타낸 도면이고, 도 4는 파일럿 신호의 생성 방법의 일 예를 나타낸 도면이다.
- [0046] 파일럿 생성부(120)는 랜덤 시퀀스와 유사한 잡음 특성을 보이면서도 재생이 가능한 의사 잡음(Pseudo Random Noise, PN) 코드를 파일럿 신호를 생성하는 데 사용할 수 있다. 이 경우, 파일럿 생성부(120)는 도 3에 도시한 바와 같이 시프트 레지스터(1211, 1213, 1215)와 연산기(1217)로 이루어지는 PN 코드 발생기(121), 그리고 비트 처리부(123)를 포함할 수 있다. 이와 달리, 파일럿 생성부(120)는 PN 코드 발생기로부터 생성된 PN 코드를 수신하여 파일럿 신호를 생성하는 데 사용할 수 있다.
- [0047] 시프트 레지스터(1211, 1213, 1215)는 입력 신호를 시프트한다. 연산기(127)는 두 입력 신호를 배타적 논리합(exclusive or, XOR) 연산한다. 즉, 연산기(127)는 두 입력 신호의 비트가 같은 경우 0을 출력하고, 두 입력 신호의 비트가 다를 경우 1을 출력한다.
- [0048] 비트 처리부(123)는 PN 코드에서 파일럿 신호를 선택한다.
- [0049] 예를 들어, 시프트 레지스터(121, 123, 125)의 초기 값(R1, R2, R3)이 (1, 1, 1)인 것으로 가정하면, 반복 주기는 $7(=2^m-1)$ 로서, PN 코드 발생기(121)에서 출력되는 PN 코드는 "1 1 1 0 1 0 0"이 출력된다. 여기서, m은 시프트 레지스터의 개수이다. 그리고 파일럿 신호의 개수가 5이면, 7비트의 PN 코드 "1 1 1 0 1 0 0"에서 5 비트 즉 "1 1 1 0 1"을 선택하고, "1 1 1 0 1"을 각각 파일럿 신호로 설정한다.
- [0050] 비트 처리부(123)는 기지국 구분을 위해 PN 코드를 1비트씩 시프트(위상 오프셋)하여 기지국 구분을 위한 다수의 PN 코드를 생성할 수 있다. 예를 들어, PN 코드가 "1 1 1 0 1 0 0"인 경우, 도 4와 같이 7개의 PN 코드가 생성될 수 있으며, 각 PN 코드에서 파일럿의 개수에 해당하는 비트만큼 선택되어 각각의 파일럿 신호로 설정된다.
- [0051] 도 5는 도 1의 심볼 매핑부에서 매핑된 심볼의 일 예를 나타낸 도면이고, 도 6은 도 1의 심볼 매핑부에서 정규화한 심볼의 일 예를 나타낸 도면이다.
- [0052] 심볼 매핑부(130)는 복수의 병렬 데이터 신호와 적어도 하나의 파일럿 신호를 BPSK, QAM, 16-QAM, 64-QAM 등의 변조 방식에 따른 성상도에서 위치를 표현하는 데이터 심볼과 파일럿 심볼로 매핑하며, 매핑된 데이터 심볼과 파일럿 심볼들은 도 5와 같을 수 있다. 즉, 매핑된 심볼들은 복소 신호이다.
- [0053] 또한 심볼 매핑부(130)는 데이터 심볼과 파일럿 심볼을 정규화한다. 심볼 매핑부(130)는 데이터 심볼과 파일럿 심볼을 정규화하기 위해 입력 심볼에 절대값을 취한 뒤 자승을 하여 평균 값을 구하고, 구한 평균값의 제곱근을 구한 후 입력 심볼을 제곱근으로 나눔으로써, 평균 전력이 1이 되도록 데이터 심볼과 파일럿 심볼을 정규화할 수 있다. 예를 들어, 심볼 매핑부(130)에서 매핑된 심볼이 도 5와 같은 경우, 평균 값은 $\frac{2 \times 2}{4} \sum [1^2 + 3^2] = 10$ 이 되고, 입력 심볼에 $1/\sqrt{10}$ 을 곱함으로써 입력 심볼을 정규화할 수 있으며, 정규화된 심볼은 도 6과 같이 나타날 수 있다.
- [0054] 도 7은 도 1에 도시된 파일럿 배치부에서 수행하는 데이터 심볼 그룹화 방법의 일 예를 나타낸 도면이고, 도 8

은 도 1에 도시된 파일럿 배치부에서 수행하는 데이터 심볼과 파일럿 심볼의 배치 방법의 일 예를 나타낸 도면이다.

- [0055] 파일럿 심볼은 데이터 심볼의 채널 등화에 사용되는데, 파일럿 배치부(240)는 각 파일럿 심볼을 사용하여 채널 등화할 데이터 심볼 그룹을 결정한다. 데이터 심볼 그룹의 수는 파일 심볼의 수에 대응한다.
- [0056] 파일럿 심볼의 개수가 5개인 경우에, 파일럿 배치부(140)는 복수의 데이터 심볼을 5개의 데이터 심볼 그룹으로 그룹화한다. 예를 들어, 도 7에 도시한 바와 같이, 파일럿 배치부(140)는 첫 번째 파일럿 심볼을 사용하여 채널 등화할 데이터 심볼 그룹으로 처음 3개의 데이터 심볼을 선택할 수 있으며, 두 번째 파일럿 심볼을 사용하여 채널 등화할 데이터 심볼 그룹으로 그 다음 7개의 데이터 심볼을 선택할 수 있다. 그리고 파일럿 배치부(140)는 5 번째 파일럿 심볼을 사용하여 채널 등화할 데이터 심볼 그룹으로 마지막 15개의 데이터 심볼을 선택할 수 있다.
- [0057] 다음, 파일럿 배치부(140)는 각 데이터 심볼 그룹에서 하나의 데이터 심볼을 선택하고, 각 데이터 심볼 그룹에 대응하는 파일럿 심볼과 선택한 데이터 심볼을 더하고 빼어서 두 개의 새로운 데이터 심볼을 생성한다. 예를 들어, 파일럿 심볼이 심볼이 1이고 선택된 데이터 심볼이 $3+j*5$ 인 경우, 파일럿 심볼과 더해진 데이터 심볼은 $4+j*5$ 이고 파일럿 심볼과 뺀 데이터 심볼은 $-2-j*5$ 가 될 수 있다. 이와 달리, 선택된 데이터 심볼에 파일럿 심볼을 더하고 뺀 수도 있으며, 이 경우 파일럿 심볼이 더해진 데이터 심볼은 $4+j*5$ 이고, 파일럿 심볼과 뺀 데이터 심볼은 $2+j*5$ 가 된다.
- [0058] 이와 같이, 두 개의 새로운 데이터 심볼이 생성되면, 파일럿 배치부(140)는 정규화를 위해 두 개의 새로운 데이터 심볼을 각각 $\sqrt{2}$ 로 나누고, 각 그룹의 임의의 위치에 생성된 두 데이터 심볼을 배치한다. 예를 들어, 파일럿 배치부(240)는 도 8과 같이 새로운 두 데이터 심볼을 임의의 위치에 배치할 수 있다. 이렇게 하면, 각 데이터 심볼 그룹은 데이터 심볼의 수가 1개씩 증가된다.
- [0059] 도 9는 도 1에 도시된 실수 신호 변환부를 나타낸 도면이다.
- [0060] 도 9를 참고하면, 실수 신호 변환부(150)는 입력 신호 처리부(151), IFFT부(153), 병렬-직렬 변환부(Parallel to Serial Converter, PSC)(155) 및 곱셈기(157)를 포함한다.
- [0061] 입력 신호 처리부(151)는 입력되는 데이터 심볼과 파일럿 심볼을 주파수 영역에서 시간 영역의 실수 신호로 변환하기 위해, 입력되는 데이터 심볼과 파일럿 심볼을 IFFT부(153)의 입력 신호 $[X(0), X(1), \dots, X(N-1), X(N), X(N+1), \dots, X(2N-1)]$ 로서 입력한다. 여기서, $N(2$ 의 지수승)은 심볼 수를 나타내며, 심볼 수가 N 개인 경우, IFFT의 크기는 $2N$ 이 될 수 있다.
- [0062] 즉, 입력 신호 처리부(151)는 IFFT부(153)의 입력 신호 $[X(0), X(1), \dots, X(N-1), X(N), X(N+1), \dots, X(2N-1)]$ 로 N 개의 데이터 심볼을 사용하고 IFFT부(153)의 입력 신호 $[X(N), X(N+1), \dots, X(2N-1)]$ 로 N 개의 데이터 심볼을 공액 복소 변환(conjugate)하여 사용한다. 0번째 데이터 심볼은 0이며, 이에 따라 입력 신호 $[X(0), X(N)]$ 로 입력되는 데이터 심볼은 0이 된다. 즉, 입력 신호 $[X(1), \dots, X(N-1)]$ 로는 N 개의 데이터 심볼을 사용하고, 입력 신호 $[X(N+1), \dots, X(2N-1)]$ 로는 입력 신호 $[X(2N-k)]$ 의 데이터 심볼을 공액 복소 변환하여 사용할 수 있다. 여기서, k 는 $N+1, N+2, \dots, 2N-1$ 이다.
- [0063] IFFT부(153)로 입력 신호 $[X(0), X(1), \dots, X(N-1), X(N), X(N+1), \dots, X(2N-1)]$ 가 입력되면, IFFT부(153)는 입력 신호 $[X(0), X(1), \dots, X(N-1), X(N), X(N+1), \dots, X(2N-1)]$ 를 IFFT한다. 그러면, 데이터 심볼과 파일럿 심볼 즉, 입력 심볼들이 주파수 영역에서 시간 영역의 실수 신호 $[X'(0), X'(1), \dots, X'(N-1), X'(N), X'(N+1), \dots, X'(2N-1)]$ 로 변환된다.
- [0064] PSC(155)는 시간 영역의 실수 신호를 병렬 신호에서 직렬 신호로 변환한다.
- [0065] 곱셈기(157)는 직렬의 실수 신호에 $\sqrt{2N}$ 을 곱하여 정규화한다.
- [0066] 도 10은 도 1에 도시된 각변조부를 나타낸 도면이고, 도 11은 각 변조부의 입력 신호의 위상 크기 분포를 나타낸 도면이고, 도 12는 각 변조부의 출력 신호에 대한 위상 크기 분포를 나타낸 도면이다.
- [0067] 도 10을 참고하면, 각 변조부(160)는 위상 제어기(161) 및 변조기(163)를 포함한다.
- [0068] 위상 제어기(161)는 실수 신호 변환부(150)로부터 정규화된 실수 신호가 입력 신호(IN)로 입력된다. 위상 제어기(161)는 입력 신호 (IN)의 크기가 $-\pi/2$ 에서 $\pi/2$ 범위에 있도록 이득(G1)을 가변하여, 입력 신호(IN)의 크기

를 조정한다. 여기서, π 는 원주율이다.

[0069] 예를 들어, 위상 제어기(161)의 입력 신호(IN)의 위상 크기가 도 11과 같은 경우, 위상 제어기(161)는 입력 신호(IN)의 크기가 $-\pi/2$ 에서 $\pi/2$ 범위에 있도록, 입력 신호(IN)에 이득으로 0.4를 곱하여 입력 신호(IN)의 크기를 조정할 수 있다. 그러면, 도 12에 도시한 바와 같이, 입력 신호(IN)의 위상 크기가 $-\pi/2$ 에서 $\pi/2$ 범위 사이에 있을 수 있게 된다.

[0070] 변조기(163)는 위상 제어기(161)에 의해 조정된 실수 신호를 코사인 신호와 사인 신호[cos(IN), sin(IN)]로 각 변조한다.

[0071] 도 13은 도 1에 도시된 PCPN를 나타낸 도면이다.

[0072] 도 13을 참고하면, PCPN(170)는 PAPR 제어기(171) 및 곱셈기(173, 175)를 포함한다. 곱셈기(173, 175)는 전력 정규화를 위한 전력 정규화부로서 동작할 수 있다.

[0073] 변조기(163)의 출력 신호인 코사인 신호[cos(IN)]는 편의상 도 13에서는 a(t)로 표기하였다.

[0074] 변조기(163)의 출력 신호인 코사인 신호[a(t)]는 PAPR 제어기(171)를 거치지 않고 곱셈기(173)로 입력되고, 변조기(163)의 출력 신호인 사인 신호[sin(IN)]는 PAPR 제어기(171)로 입력된다.

[0075] PAPR 제어기(171)는 입력되는 제어 신호에 따라서 이득(G2)을 제어하고, 이득(G2)에 따라 입력되는 사인 신호[sin(IN)]의 크기를 조정한다. 이때, 제어 신호는 제어하고자 하는 이득 값을 포함할 수 있다.

[0076] 즉, PAPR 제어기(171)는 각변조된 실수 신호의 사인 성분의 크기만을 조정함으로써 PAPR을 제어한다. PAPR 제어기(171)에 의해 조정된 사인 신호[b(t)]는 곱셈기(175)로 입력된다.

[0077] 일반적으로 하나의 OFDM 심볼 내의 PAPR은 수학식 1과 같이 표현된다. 실수 신호 변환부(150)로부터 출력되는 시간 영역의 직렬 신호에 보호 구간이 삽입되며, 보호 구간과 하나의 데이터 심볼(또는 파일럿 심볼)에 대응하는 신호를 합쳐서 OFDM 심볼이라 한다.

[0078] [수학식 1]

$$10 \times \log\left(\frac{\max_{t \in [0, T]} |x(t)|^2}{E\{|x(t)|^2\}}\right)$$

[0079]

[0080] 여기서, E{.}는 기대치를 의미하며, T는 하나의 OFDM 심볼의 주기를 나타낸다.

[0081] 이때, 본 발명의 실시 따른 PAPR(dB)는 수학식 2 및 수학식 2과 같이 표현될 수 있다.

[0082] [수학식 2]

$$10 \times \log\left(\frac{\max_{t \in [0, T]} (a(t)^2 + b(t)^2)}{E\{a(t)^2 + b(t)^2\}}\right)$$

[0083]

[0084] [수학식 3]

$$10 \times \log\left(\frac{\max_{t \in [0, T]} (a(t)^2 + b(t)^2)}{E\{a(t)^2 + Gain^2 \times \sin(IN(t))^2\}}\right)$$

[0085]

[0086] 수학식 3에서, Gain은 PAPR 제어기(171)의 이득(G2)을 나타내며, Gain이 1이 되면 PAPR은 0dB가 된다.

[0087] 특히, 수학식 3을 통해 알 수 있듯이, Gain에 따라서 PAPR이 달라진다. 즉, 수신 환경에 따라서 제어 신호를 이용하여 PAPR 제어기(171)에서 이득(G2)의 제어가 가능해지므로, 이에 따라 PAPR의 제어 또한 가능해질 수 있다.

[0088] 예를 들어, 도 10에 도시된 위상 제어기(161)의 이득(G1)이 0.4이고, IFFT의 크기가 2048이며, 16QAM 변조의 경우, PAPR은 표 1과 같이 PAPR 제어기(171)의 이득(G2)에 따라서 달라질 수 있다.

[0089] [표 1]

PAPR(dB)	G2
0	1
2.8	1.5
4.5	2
5.6	2.5
6.3	3

[0090]

[0091] 그리고 코사인 신호[a(t)]와 크기가 조정된 사인 신호[b(t)]는 전력 정규화를 위해 C의 값이 곱해진다. C는 수학적 식 4와 같다.

[0092] [수학적 식 4]

$$C = \frac{1}{\sqrt{\text{mean}_{0 \leq t < T} (a(t)^2 + b(t)^2)}}$$

[0093]

[0094] 즉, 곱셈기(173)는 코사인 신호[a(t)]에 C를 곱하여 전력 정규화하고, 곱셈기(175)는 사인 신호[b(t)]에 C를 곱하여 전력 정규화한다.

[0095] 전력 정규화된 코사인 신호를 기저대역 I 신호라 하고, 전력 정규화된 사인 신호를 기저대역 Q 신호라 하면, 기저대역 I 신호와 기저대역 Q 신호에 각각 $\cos(2\pi f_c t)$ 과 $\sin(2\pi f_c t)$ 를 곱한 후 더해져서 무선 주파수 신호로 변환된다.

[0096] 도 14는 본 발명의 실시 예에 따른 OFDM 수신 장치를 나타낸 도면이고, 도 15는 본 발명의 실시 예에 따른 OFDM 수신 장치의 데이터 수신 방법을 나타낸 흐름도이다.

[0097] 도 14를 참고하면, OFDM 수신 장치(200)는 수신 신호 처리부(210), 전력 보상부(220), 각복조부(Angle demodulation unit)(230), 실수 신호 역변환부(Real Signal De-Converter)(240), 파일럿 추출부(250), 채널 추정부(260), 채널 등화부(270), 심볼 디매핑부(280) 및 PSC(290)를 포함한다. 이러한 OFDM 수신 장치(200)는 OFDM 송신 장치(100)의 역과정의 동작을 수행한다.

[0098] 도 15를 보면, 수신 신호 처리부(210)는 수신 데이터로서 OFDM 신호를 수신하면, OFDM 신호의 실수 성분에 A'를 곱하고 전력 정규화된 신호의 허수 성분에 B'를 곱한 후, 아날로그 디지털 변환을 통하여 대역 통과(passband) 아날로그 신호에서 복수의 기저대역(baseband) 디지털 신호로 변환한다(S1502). 여기서, A' 및 B'는 OFDM 수신 장치(100)의 A 및 B와 동일할 수 있으며, B'는 -B일 수도 있다. A'는 $\cos(2\pi f_c t)$ 또는 $\sin(2\pi f_c t)$ 일 수 있으며, B'는 $\cos(2\pi f_c t)$ 또는 $\sin(2\pi f_c t)$ 일 수 있는데, A'와는 다른 값일 수 있다. f_c 는 무선 주파수이다.

[0099] 전력 보상부(220)는 복수의 기저대역 디지털 신호에 대해 PAPR 제어기(171)에서 조정된 크기를 보상한다(S1504).

[0100] 각 복조부(230)는 전력 보상부(220)에 의해 크기가 보상된 복수의 기저대역 디지털 신호를 각복조한다(S1506).

[0101] 실수 신호 역변환부(240)는 각복조된 신호를 직렬 신호에서 병렬 신호로 변환하고(S1508), 변환한 병렬 신호에 대해 고속 푸리에 변환(FFT)을 수행하여, 시간 영역의 병렬 신호에서 주파수 영역의 병렬 심볼로 변환한다(S1510).

[0102] 파일럿 추출부(250)는 주파수 영역의 병렬 심볼에서 파일럿 심볼들을 추출한다(S1512).

[0103] 채널 추정부(260)는 추출한 파일럿 심볼들을 이용하여 채널을 추정한다(S1514).

[0104] 채널 등화부(270)는 각 데이터 심볼 그룹의 데이터 심볼에서 추정한 채널을 이용하여 채널에 의한 왜곡을 보상한다(S1516).

[0105] 심볼 디매핑부(280)는 채널 등화부(270)에 의해 채널에 의한 왜곡이 보상된 주파수 영역의 병렬 데이터 심볼에 BPSK, QAM, 16-QAM, 64-QAM 등과 같은 디지털 복조를 통해 심볼 디매핑하여 복수의 병렬 데이터 신호를 생성한다(S1518).

- [0106] PSC(290)는 심볼 디매핑부(280)에서 출력되는 복수의 병렬 데이터 신호를 복수의 직렬 데이터 신호로 변환하여 출력함으로써(S1520), OFDM 신호가 데이터 신호로 복원된다.
- [0107] 그러면, OFDM 수신 장치(200)에 대해 도 16 내지 도 22를 참고로 하여 자세하게 설명한다.
- [0108] 도 16은 도 14에 도시된 수신 신호 처리부의 일 예를 나타낸 도면이다.
- [0109] 도 16을 참고하면, 수신 신호 처리부(210)는 곱셈기(211, 213), 저역 통과 필터(Low Pass Filter, LPF)(215, 217) 및 아날로그 디지털 변환기(Analog to Digital Converter, ADC)(219)를 포함한다.
- [0110] 곱셈기(211)는 수신되는 OFDM 신호에 A'를 곱하여 코사인 신호 또는 사인 신호로 변환하여 LPF(215)로 출력한다. 도 16에서는 A'는 $\cos(2\pi f_c t)$ 인 것으로 도시하였으며, 이 경우, 곱셈기(211)로부터 출력되는 신호는 코사인 신호일 수 있다.
- [0111] 곱셈기(213)는 수신되는 OFDM 신호에 B'를 곱하여 코사인 신호 또는 사인 신호로 변환하여 LPF(217)로 출력한다. 도 16에서는 B'는 $\sin(2\pi f_c t)$ 인 것으로 도시하였으며, 곱셈기(211)로부터 출력되는 신호는 사인 신호일 수 있다.
- [0112] 여기서, A'는 $\cos(2\pi f_c t)$ 또는 $\sin(2\pi f_c t)$ 일 수 있으며, B'는 $\cos(2\pi f_c t)$ 또는 $\sin(2\pi f_c t)$ 일 수 있는데, A'와는 다른 값일 수 있다. LPF(215, 217)는 각각 곱셈기(211, 213)로부터 입력되는 코사인 신호와 사인 신호를 필터링하여, 입력 신호에서 원하는 대역의 신호만을 통과시킨다.
- [0113] ADC(219)는 LPF(215, 217)를 통과한 코사인 신호와 사인 신호를 아날로그 디지털 변환을 통해 디지털 기저대역 I 신호와 디지털 기저대역 Q 신호로 변환한 후, 디지털 기저대역 I 신호와 디지털 기저대역 Q 신호를 출력한다.
- [0114] 한편, OFDM 송신 장치(100)에서 기저대역 Q 신호에 곱해진 신호[$\cos(2\pi f_c t)$ 또는 $\sin(2\pi f_c t)$]에 (-) 부호를 곱한 경우, ADC(219)는 출력되는 디지털 기저대역 Q 신호에 (-) 부호를 곱할 수 있다.
- [0115] 도 17은 도 14에 도시된 전력 보상부를 나타낸 도면이다.
- [0116] 도 17을 참고하면, 전력 보상부(220)는 곱셈기(221, 223) 및 PAPR 제어기(225)를 포함한다.
- [0117] 곱셈기(221)는 수신 신호 처리부(210)에서 출력되는 디지털 기저대역 I 신호에 D를 곱하여 기저대역 I 신호에 전력을 보상하여 출력한다.
- [0118] 곱셈기(223)는 수신 신호 처리부(210)에서 출력되는 디지털 기저대역 Q 신호에 D를 곱하여 전력 보상을 한 후에 PAPR 제어기(225)로 출력한다.
- [0119] 여기서, D는 수학식 5와 같이 나타낼 수 있다.
- [0120] [수학식 5]

[0121]
$$D = \sqrt{\text{mean}_{0 \leq t < T}(\hat{a}(t)^2) + \text{Gain}^2 \times \text{mean}_{0 \leq t < T}(\hat{\sin(IN(t))^2})}$$

[0122] 여기서, T는 OFDM 심볼의 주기를 의미한다. $\hat{a}(t)$ 는 OFDM 송신 장치(100)에서의 코사인 신호[도 13의 a(t)]의 추정치를 나타내며, $\hat{\sin(IN(t))}$ 는 OFDM 송신 장치(100)에서의 사인 신호[도 13의 sin(IN(t))]의 추정치를 나타낸다. 또한 Gain은 위상 제어기(도 10의 161)의 이득(G1)을 나타낸다.

[0123] $\text{mean}_{0 \leq t < T}(\hat{a}(t)^2)$ 및 $\text{mean}_{0 \leq t < T}(\hat{\sin(IN(t))^2})$ 는 IFFT된 신호가 랜덤 신호이므로 정확히 구할 수가 없다. 따라서, 여러 번 반복하여 평균함으로써 오차를 줄일 수 있고, OFDM 송신 장치(100)의 위상 제어기(도 10의 161)의 이득(G1)에 따른 추정치는 표 2와 같을 수 있다.

[0124] [표 2]

G1	$\text{mean}_{0 \leq t < T}^{\wedge}(a(t)^2)$	$\text{mean}_{0 \leq t < T}^{\wedge}(\sin(\angle N(t))^2)$
0.5	0.81	0.19
0.45	0.84	0.16
0.4	0.87	0.13
0.35	0.9	0.1
0.3	0.92	0.08

[0125]

[0126] PAPR 제어기(225)는 곱셈기(221)에 의해 전력 보상된 신호를 PAPR 제어기(223)의 이득(G3)으로 나누어서, 기저대역 Q 신호를 출력한다. PAPR 제어기(225)의 이득(G3)의 PAPR 제어기(171)의 이득(G2)과 동일하다. 예를 들어, 위상 제어기(도 10의 141)의 이득(G1)이 0.4이고, PAPR 제어기(225)의 이득(G3)이 2이면, D는 1.179가 된다. 기저대역 Q 신호에 1.179가 곱해진 값을 2로 나누면, 전력 보상된 기저대역 Q 신호가 생성된다.

[0127] 도 18은 도 10에 도시된 각복조부를 나타낸 도면이고, 도 19 및 도 20은 각각 도 18에 도시된 위상 추정부를 나타낸 도면이며, 도 21은 도 18에 도시된 위상 보상부를 나타낸 도면이다.

[0128] 도 18을 참고하면, 각복조부(230)는 위상 추정부(231) 및 위상 보상부(233)를 포함한다.

[0129] 위상 추정부(231)는 위상 왜곡을 보상하기 위해 위상 추정을 수행한다.

[0130] 도 19를 보면, 위상 추정부(231)는 평균 계산부(2311) 및 위상 계산부(2313)를 포함한다.

[0131] 평균 계산부(2311)는 입력되는 기저대역 신호의 평균(\hat{Am})을 구한다. 예를 들어, IFFT의 크기가 N인 경우, 입력되는 기저대역 신호의 위상을 N개만큼 더한 후 N으로 나누면 평균(\hat{Am})이 계산될 수 있다.

[0132] 위상 계산부(2313)는 평균(\hat{Am})의 역탄젠트(arctan)를 이용하여 위상 추정값(\hat{phase})을 계산한다. \hat{phase} 는

수학식 6과 같이 평균(\hat{Am})의 허수 성분을 평균(\hat{Am})의 실수 성분으로 나눈 값의 역탄젠트를 통하여 계산될 수 있다.

[0133] [수학식 6]

$$\hat{phase} = \arctan \left(\frac{\text{imaginary}(\hat{Am})}{\text{real}(\hat{Am})} \right)$$

[0134]

[0135] 이와 같이, 위상 추정값(\hat{phase})은 기저대역 신호의 평균(\hat{Am})을 이용하여 구해질 수도 있지만 이와 다른 방법으로 구해질 수도 있다.

[0136] 도 20을 참고하면, 위상 추정부(231')는 LPF(2311') 및 위상 계산부(2313')를 포함할 수 있다.

[0137] LPF(2311')는 입력되는 기저대역 신호를 필터링하여 낮은 대역 신호(\hat{Lm})를 출력한다.

[0138] 위상 계산부(2313')는 수학식 7과 같이 낮은 대역 신호(\hat{Lm})의 역탄젠트를 이용하여 위상 추정값(\hat{phase})을 계산할 수 있다.

[0139] [수학식 7]

$$\hat{phase} = \arctan \left(\frac{\hat{imaginary}(Lm)}{\hat{real}(Lm)} \right)$$

[0141] 다시, 도 18을 보면, 위상 보상부(233)는 위상 추정값(\hat{phase})을 이용하여 왜곡된 위상을 보상한다.

[0142] 도 21을 참고하면, 위상 보상부(233)는 위상 계산부(2331), 제어기(2333), 덧셈기(2335) 및 제어기(2337)을 포함한다.

[0143] 위상 계산부(2331)는 입력되는 기저대역 신호의 위상(\hat{Pm})을 구하고, 수학식 5 또는 6과 동일한 방법으로 위상(\hat{Pm})의 역탄젠트를 이용하여 위상 추정값(\hat{phase})을 구한다.

[0144] 제어기(2333)는 위상 추정부(231 또는 231')로부터의 위상 추정값(\hat{phase})을 입력 받아, -1을 곱하여 출력한다.

[0145] 덧셈기(2335)는 위상 추정값(\hat{phase})과 제어기(2333)의 출력 값을 덧셈한다.

[0146] 즉, 제어기(2333) 및 덧셈기(2335)는 위상 계산부(2331)의 위상 추정 값(\hat{phase})에서 위상 추정부(231 또는 231')로부터 위상 추정값(\hat{phase})을 뺄셈하는 역할을 한다.

[0147] 제어기(2337)는 위상 계산부(2331)의 위상 추정 값(\hat{phase})에서 위상 추정부(231 또는 231')로부터 위상 추정 값(\hat{phase})을 뺄 값을 이득(G4)으로 나눔으로써, 왜곡이 보상된 위상(P)을 출력한다. 여기서, 이득(G4)은 위상 제어기(161)의 이득(G1)과 동일할 수 있다.

[0148] 도 22는 도 14에 도시된 실수 신호 변환기를 나타낸 도면이다.

[0149] 도 22를 참고하면, 실수 신호 변환기(240)는 곱셈기(241), SPC(243), FFT부(245) 및 신호 처리부(247)를 포함한다.

[0150] 곱셈기(241)는 각 복조부(230)로부터 출력되는 실수 신호(P)에 $1/\sqrt{2N}$ 을 곱하여 정규화한 후에 SPC(243)로 출력한다.

[0151] SPC(243)는 정규화된 신호를 FFT하기 위해 곱셈기(241)에 의해 정규화된 신호를 직렬 신호에서 병렬 신호로 변환하여 FFT부(245)로 출력한다.

[0152] SPC(253)에 의해 변환된 병렬 신호가 FFT부(245)의 입력 신호[P(0), P(1), ..., P(N-1), P(N), P(N+1), ..., P(2N-1)]로서 입력되면, FFT부(245)는 입력 신호[P(0), P(1), ..., P(N-1), P(N), P(N+1), ..., P(2N-1)]를 FFT 한다. 그러면, 입력 신호[P(0), P(1), ..., P(N-1), P(N), P(N+1), ..., P(2N-1)]가도 시간 영역에서 주파수 영역의 데이터 심볼[X(0), X(1), ..., X(N-1), X(N), X(N+1), ..., X(2N-1)]로 변환된다.

[0153] 신호 처리부(247)는 주파수 영역의 데이터 심볼[(X(0), X(1), ..., X(N-1), X(N), X(N+1), ..., X(2N-1))] 중 주파수 영역의 신호[(X(0), X(1), ..., X(N-1))]를 심볼 디매핑부(260)로 출력한다. 이때, 신호 처리부(247)는 데이터 심볼[(X(0), X(1), ..., X(N-1))]을 그대로 파일럿 추출부(250)로 출력할 수도 있다. 신호 처리부(247)는 주파수

수 영역의 데이터 심볼 $[X(N+1), \dots, X(2N-1)]$ 을 복소 공액 변환(conjugate)한 후 $X(2N-k)$ 의 위치에 데이터 심볼을 재배치(relocation)하여 파일럿 추출부(250)로 출력할 수 있다. 여기서, k 는 $N+1, N+2, \dots, 2N-1$ 이다. 예를 들어, FFT한 후의 주파수 영역의 심볼 $[X(2N-1)]$ 의 경우, 신호 처리부(247)는 주파수 영역의 심볼 $[X(2N-1)]$ 을 복소 공액 변환한 후 $X(1)$ 의 위치에 재배치할 수 있다.

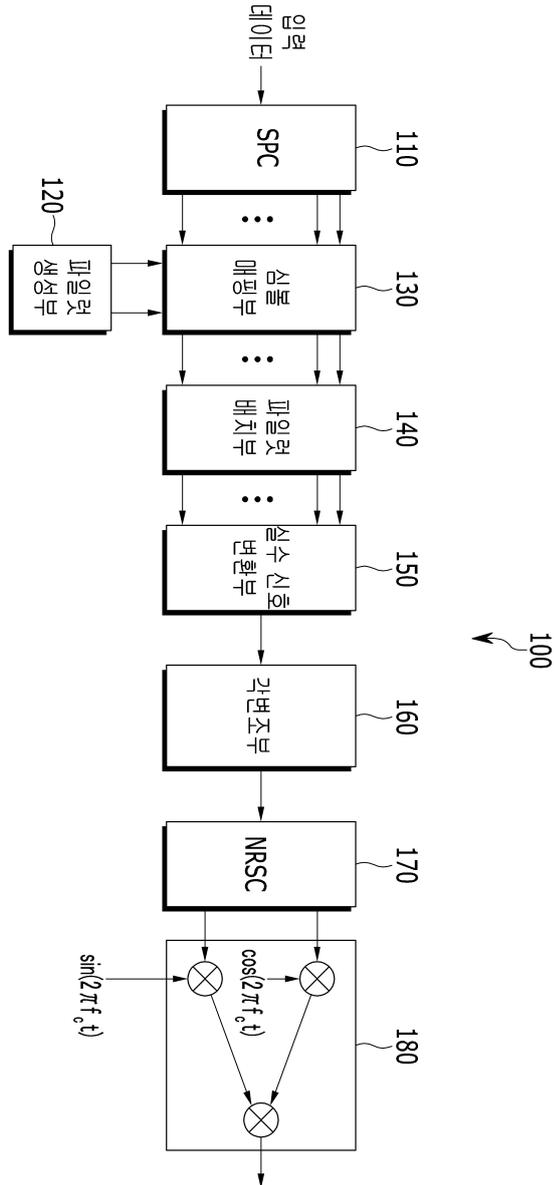
- [0154] 도 23은 도 14에 도시된 파일럿 추출부의 파일럿 추출 방법을 나타낸 도면이다.
- [0155] 도 23을 참고하면, 파일럿 추출부(250)는 병렬로 입력되는 복수의 데이터 심볼로부터, 데이터 심볼 그룹별로 OFDM 송신 장치(100)에서 설정한 파일럿 심볼과 데이터 심볼이 더해지고 뺀 심볼의 위치 정보를 획득한다(S2310).
- [0156] 파일럿 추출부(250)는 데이터 심볼 그룹별 위치 정보로부터 각 데이터 심볼 그룹에서 2개의 심볼을 추출한다(S2320).
- [0157] 파일럿 추출부(250)는 추출한 2개의 심볼을 이용하여 파일럿 심볼과 OFDM 송신 장치(100)에서 선택한 하나의 데이터 심볼을 추출한다(S2330).
- [0158] OFDM 송신 장치(100)에서 파일럿 심볼과 선택된 데이터 심볼을 더하고 빼어 2개의 새로운 심볼을 생성한 경우, 획득한 2개의 심볼을 더하면 파일럿 심볼이 된다. 그리고 2개의 심볼이 더해진 심볼과 2개의 심볼을 뺀 심볼의 차이를 구하면 OFDM 송신 장치(100)에서 선택된 데이터 심볼이 된다. 예를 들어, 파일럿 심볼이 1이고, OFDM 송신 장치(100)에서 선택된 데이터 심볼이 $3+j*5$ 인 경우, 파일럿 심볼과 데이터 심볼이 더해진 심볼은 $(4+j*5)/\sqrt{2}$ 이고 파일럿 심볼에서 데이터 심볼을 뺀 심볼은 $(-2-j*5)/\sqrt{2}$ 인 2개의 심볼이 수신되었다고 가정한다. 여기서, $\sqrt{2}$ 는 정규화를 위해 사용된 것이다. 2개의 심볼을 더하고 $\sqrt{2}$ 로 나누면 1이 되고, 2개의 심볼을 빼고 $\sqrt{2}$ 로 나누면 $3+j*5$ 가 된다.
- [0159] 그리고 OFDM 송신 장치(100)에서 선택된 데이터 심볼과 파일럿 심볼을 더하고 빼어 2개의 새로운 심볼을 생성한 경우, 2개의 심볼을 더하면 선택된 데이터 심볼이 된다. 그리고 2개의 심볼이 더해진 심볼과 2개의 심볼을 뺀 심볼의 차이를 구하면 파일럿 심볼이 된다. 예를 들면 선택된 데이터 심볼이 $3+j*5$ 이고 파일럿 심볼이 1인 경우, 선택된 데이터 심볼에 파일럿 심볼이 더해진 심볼은 $(4+j*5)/\sqrt{2}$ 이고, 선택된 데이터 심볼에서 파일럿 심볼을 뺀 심볼은 $(2+j*5)/\sqrt{2}$ 인 2개의 심볼이 수신되었다고 가정한다. 2개의 심볼을 더하고 $\sqrt{2}$ 로 나누면 $3+j*5$ 가 되고 2개의 심볼을 빼고 $\sqrt{2}$ 로 나누면 1이 된다.
- [0160] 파일럿 추출부(250)는 추출한 파일럿 심볼과 데이터 심볼을 OFDM 송신 장치(100)에서 위치한 곳에 배치시킨다(S2340).
- [0161] 도 24는 도 14에 도시된 채널 추정부를 나타낸 도면이다.
- [0162] 도 24를 참고하면, 채널 추정부(260)는 곱셈기(261), LPF(263) 및 나눗셈기(265)를 포함한다.
- [0163] 곱셈기(261)는 파일럿 추출부(250)에서 추출한 파일럿 심볼에 OFDM 송신 장치(100)에서 생성된 PN 코드를 곱하여 LPF(263)로 출력한다.
- [0164] LPF(263)는 PN 코드가 곱해진 파일럿 심볼을 필터링하여 잡음을 제거한다.
- [0165] 나눗셈기(265)는 각 데이터 심볼 그룹의 데이터 심볼을 해당 데이터 심볼 그룹의 파일럿 심볼로 나누어서, 채널을 추정한다. 예를 들어서, 각 데이터 심볼 그룹 및 각 데이터 심볼 그룹의 파일럿 심볼이 도 7과 같은 경우에 첫 번째 데이터 심볼 그룹의 3개의 데이터 심볼 각각을 첫 번째 파일럿 심볼로 나누고, 두 번째 데이터 심볼 그룹의 7개의 데이터 심볼 각각을 두 번째 파일럿 심볼로 나누면 된다.
- [0166] 그리고 채널 등화부(270)에서 추정된 채널을 이용하여 채널 등화를 수행하여 채널의 왜곡이 보상되고, 심볼 디매핑부(280)에서 OFDM 송신 장치(100)의 심볼 매핑부(120)에 대응하는 복조 방식에 따른 정상도에서 각 데이터 심볼을 복수의 병렬 데이터 신호로 디매핑하며, 복수의 병렬 데이터 신호를 PSC(280)로 출력한다. 그러면, PSC(280)는 복수의 병렬 데이터 신호를 복수의 직렬 데이터 신호로 변환함으로써 데이터를 복원하게 된다.
- [0167] 이상에서 설명한 본 발명의 실시 예는 장치 및 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 본 발명의 실시예의

구성에 대응하는 기능을 실현하는 프로그램 또는 그 프로그램이 기록된 기록 매체를 통해 구현될 수도 있으며, 이러한 구현은 앞서 설명한 실시예의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야의 전문가라면 쉽게 구현할 수 있는 것이다.

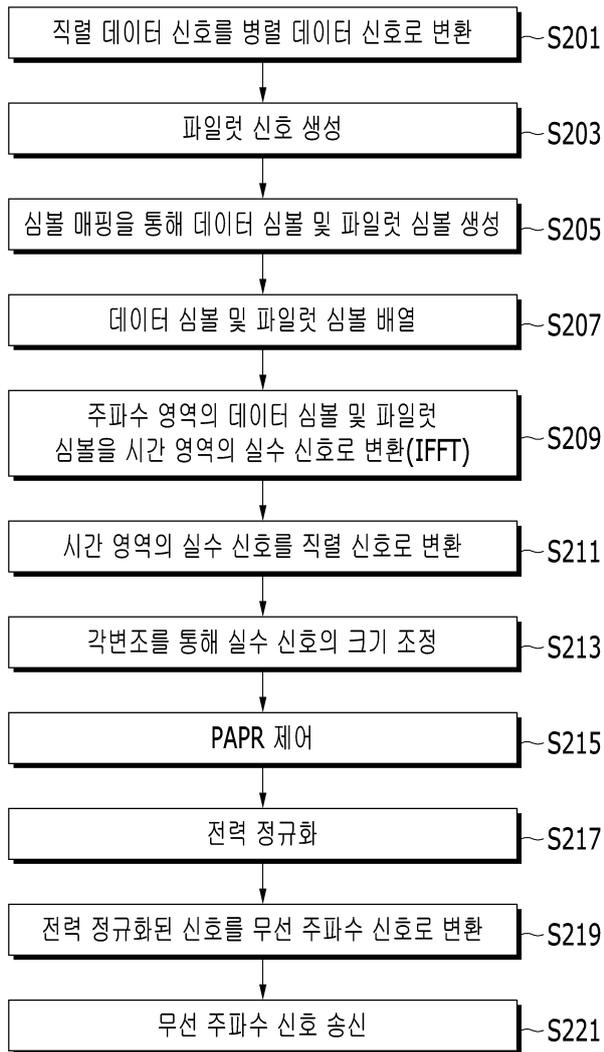
[0168] 이상에서 본 발명의 실시 예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

도면

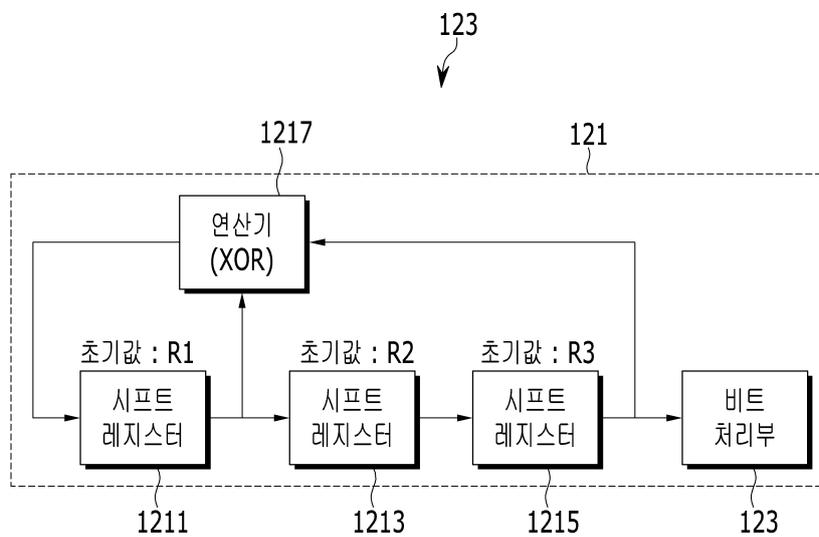
도면1



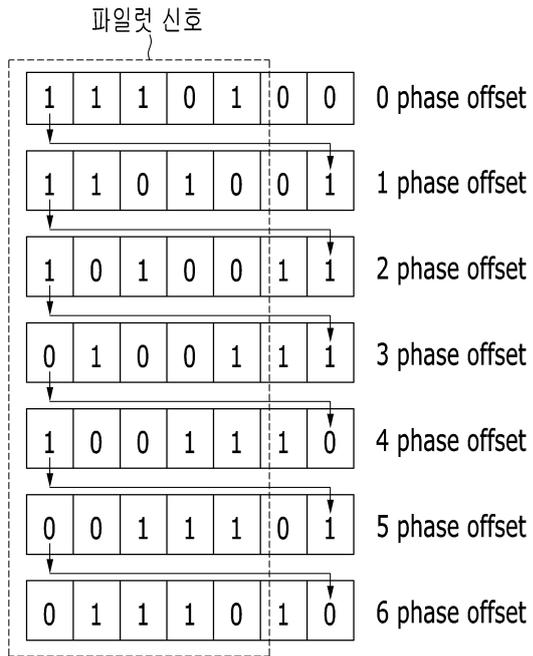
도면2



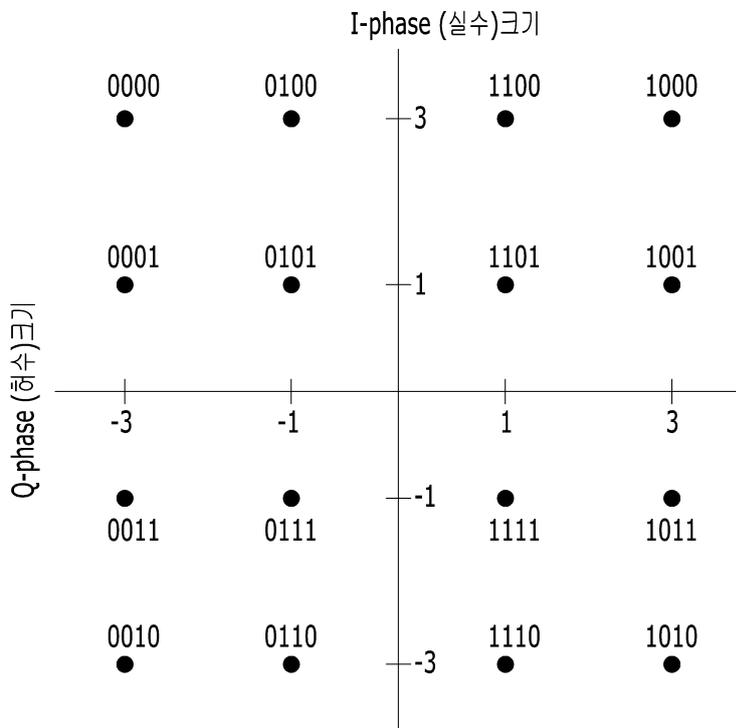
도면3



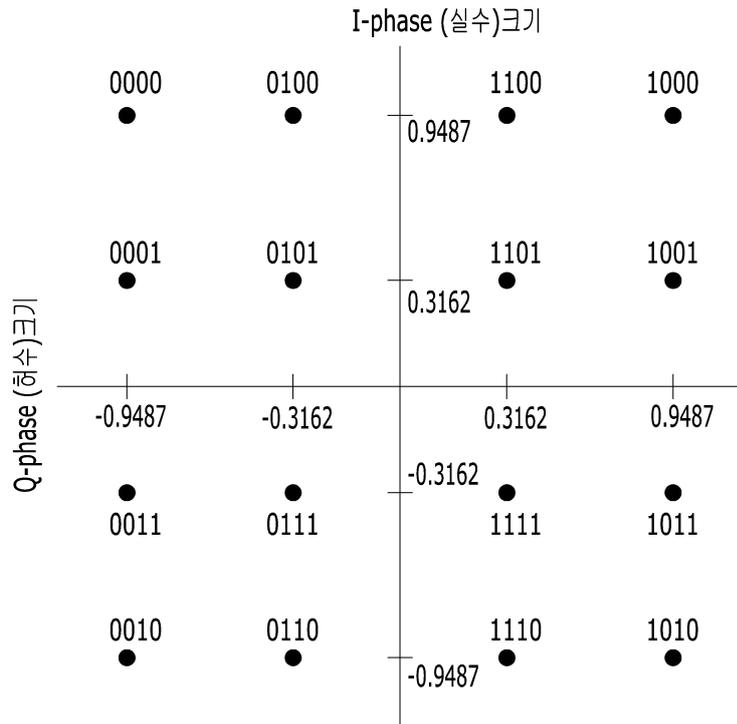
도면4



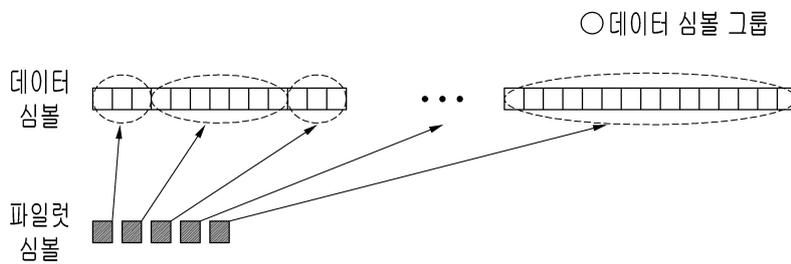
도면5



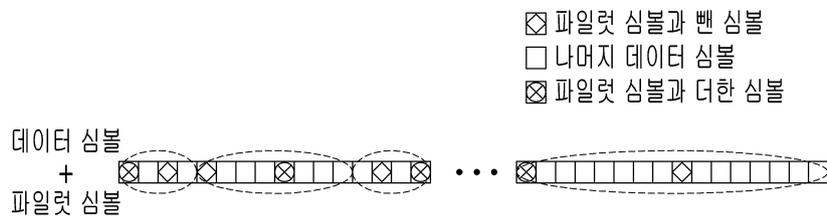
도면6



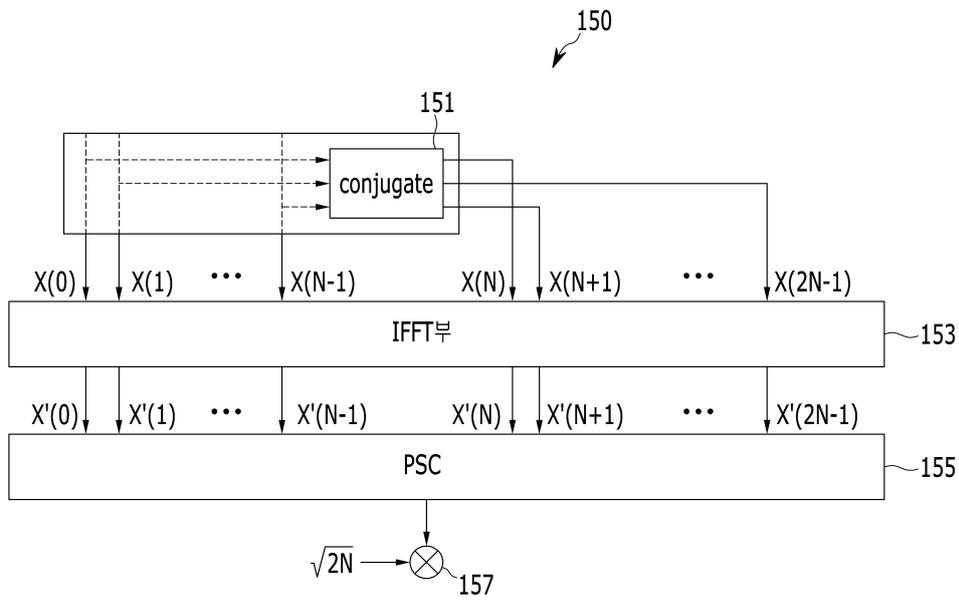
도면7



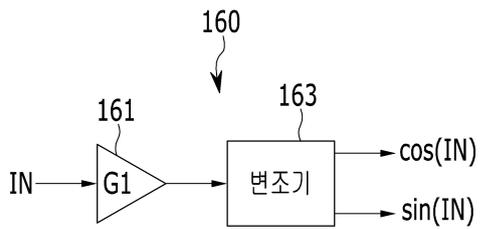
도면8



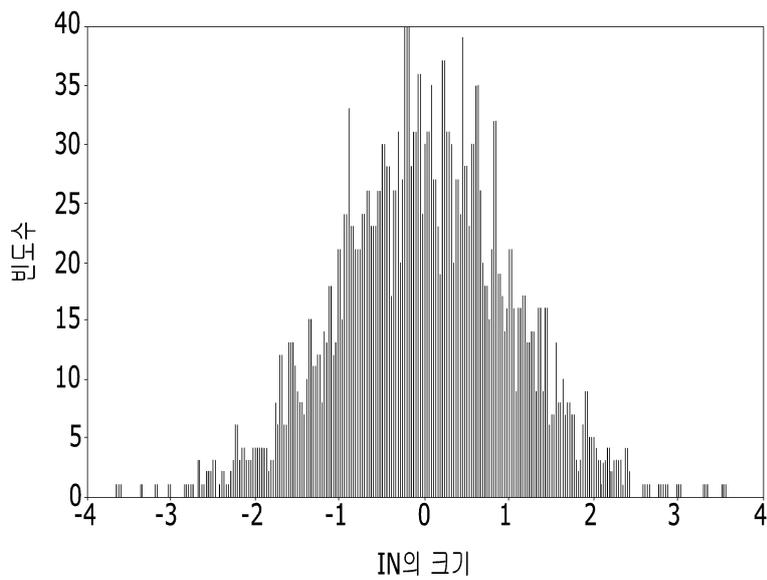
도면9



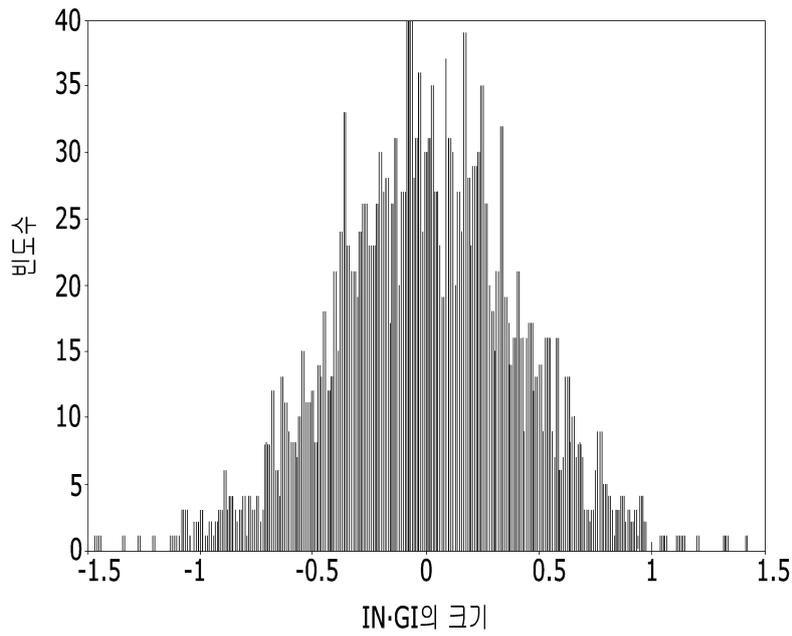
도면10



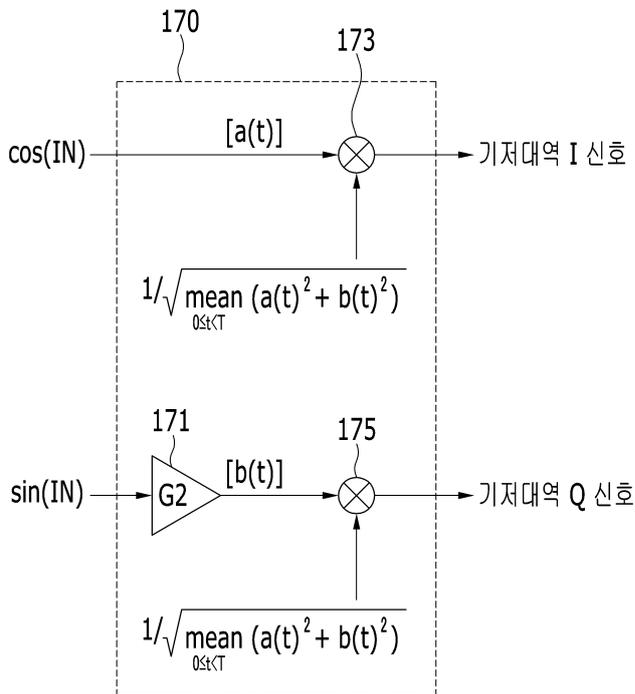
도면11



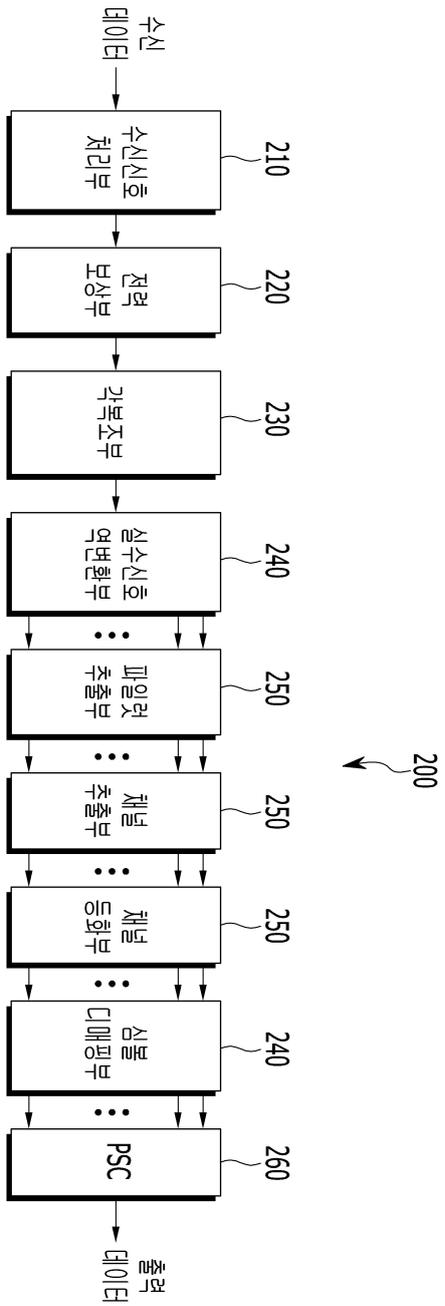
도면12



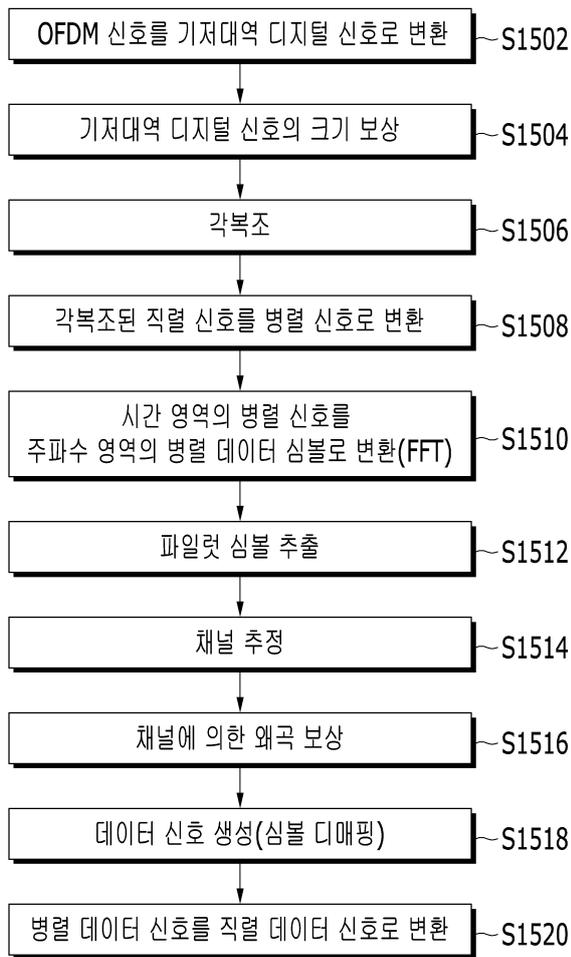
도면13



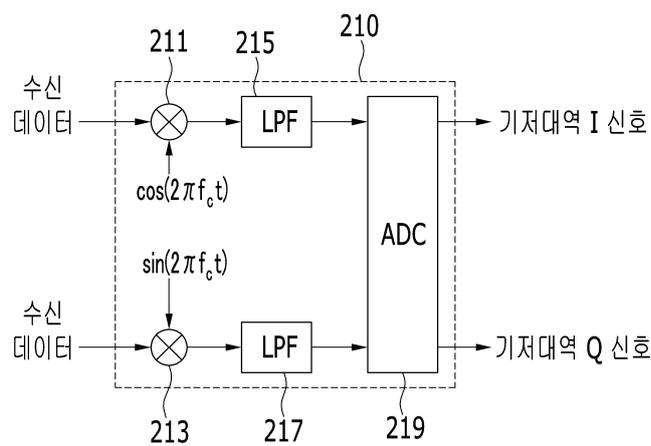
도면14



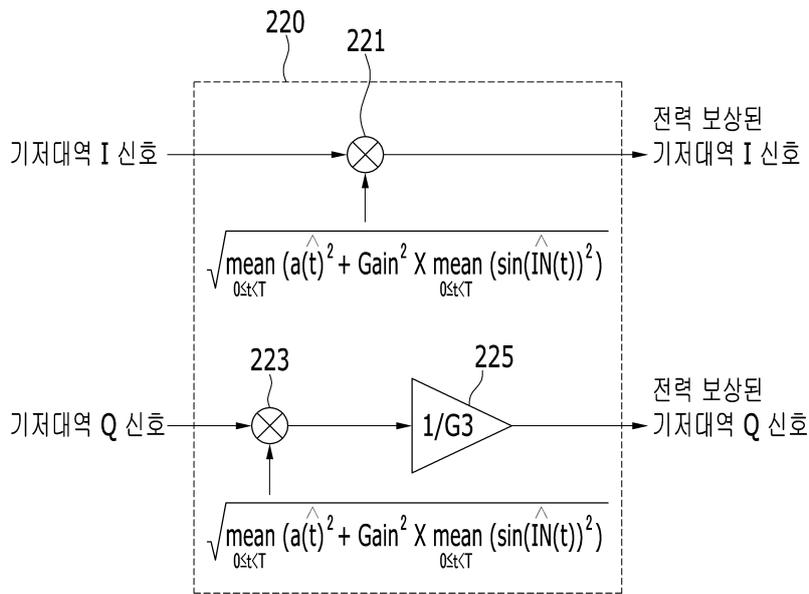
도면15



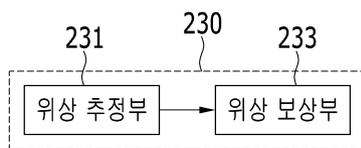
도면16



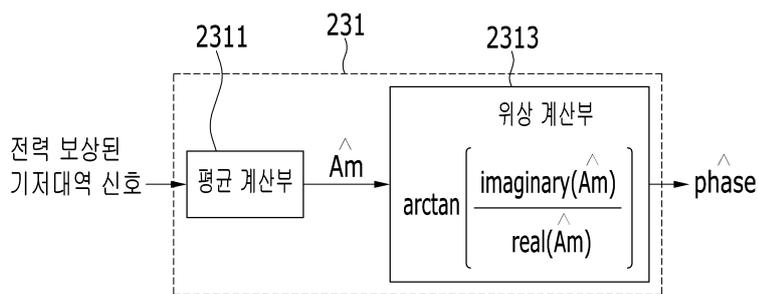
도면17



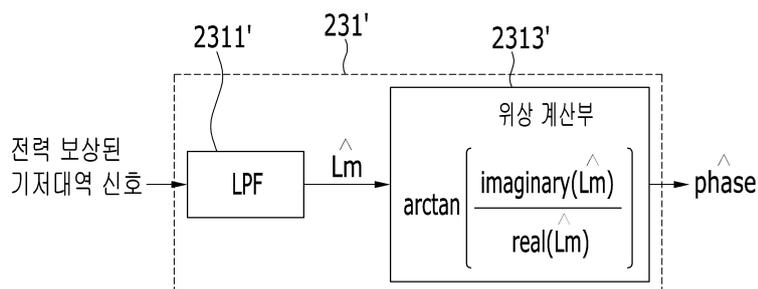
도면18



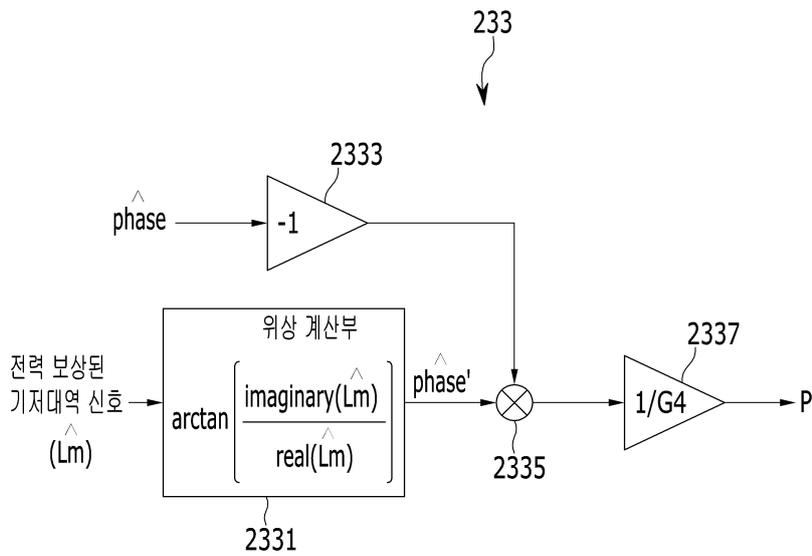
도면19



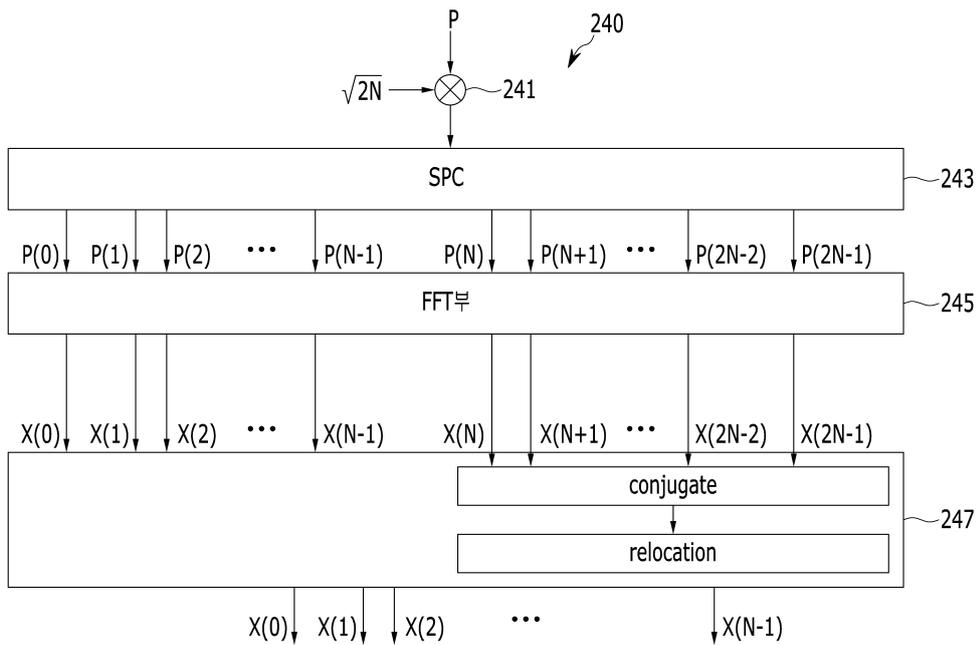
도면20



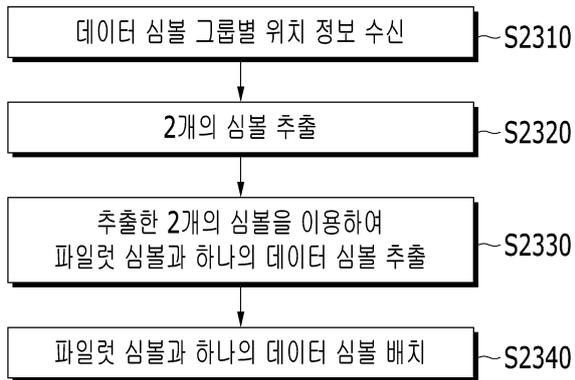
도면21



도면22



도면23



도면24

