



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년06월14일
 (11) 등록번호 10-1747455
 (24) 등록일자 2017년06월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H04L 27/26 (2006.01) H04J 11/00 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2012-7000292
 (22) 출원일자(국제) 2010년09월24일
 심사청구일자 2015년09월23일
 (85) 번역문제출일자 2012년01월05일
 (65) 공개번호 10-2013-0045831
 (43) 공개일자 2013년05월06일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2010/040176
 (87) 국제공개번호 WO 2012/030319
 국제공개일자 2012년03월08일
 (56) 선행기술조사문헌
 WO2007055518 A2*
 US20090147870 A1
 WO2009022856 A2
 KR1020060028150 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 플러스엔, 엘엘씨
 미국 뉴욕주 10523 엘름스포드 175 클리어블록 로드
 (72) 발명자
 테리, 존 데이빗
 미국, 버지니아 22003, 애너데일, 알파인 드라이브 6904
 (74) 대리인
 강명구, 김현석

전체 청구항 수 : 총 19 항

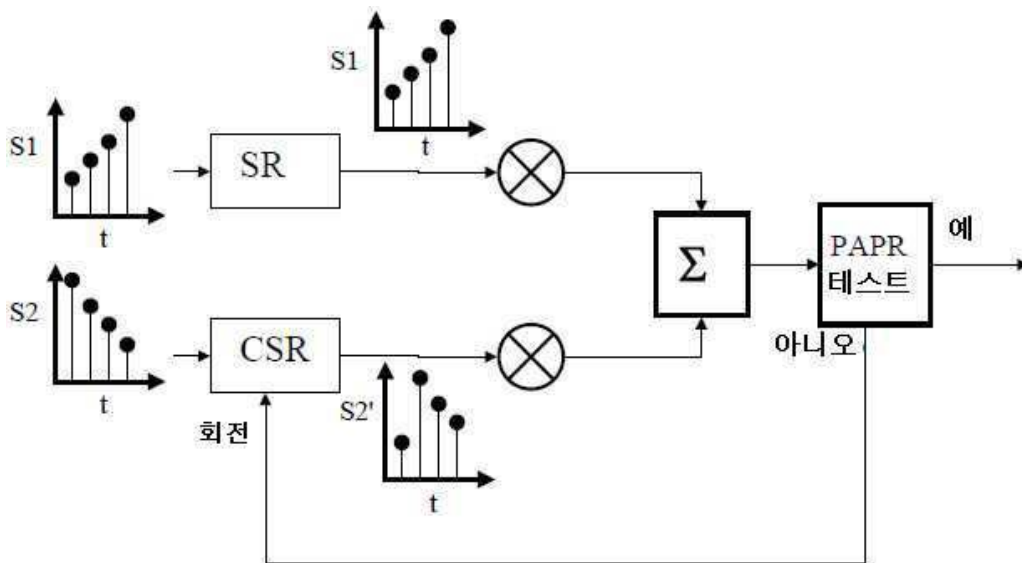
심사관 : 퇴_강철수

(54) 발명의 명칭 **결합 파형 제어 방법, 결합 파형 제어 장치, 신호 결합 방법 및 신호 결합 장치**

(57) 요약

직교 주파수 멀티플렉싱된(orthogonal frequency multiplexed) 신호 성분들을 갖는 적어도 2 개의 신호의 결합을 나타내는 결합 파형(combined waveform)을 제어하는 방법은 상기 적어도 2 개의 신호를 각기 규정하는 정보들을 수신하는 단계와, 상기 각 신호를 규정하는 정보들을 직교 주파수 멀티플렉싱된 신호 성분들을 갖는 표현(representation)들로 변환하는 단계—적어도 하나의 신호는 동일한 정보의 적어도 2 개의 교변하는 표현들을 가짐—와, 상기 적어도 2 개의 교변하는 표현들을 사용하여 각기 상이한 결합들을 규정하는 적어도 2 개의 상이한 방식으로 상기 변환된 정보들을 서로 결합하는 단계와, 적어도 하나의 기준에 대해서 상기 각기 상이한 결합들을 분석하는 단계와, 상기 분석 결과에 기초하여서 상기 적어도 2 개의 신호 각각으로부터의 변환된 정보들의 결합들 중 선택된 결합을 포함하는 각각의 결합된 파형을 나타내는 정보를 출력하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도3



명세서

청구범위

청구항 1

신호 각각이 제각기 직교 주파수 멀티플렉싱된(orthogonal frequency multiplexed) 신호 성분들을 갖는 적어도 2개의 신호의 결합을 나타내는 결합 파형(combined waveform)을 제어하는 방법으로서, 상기 결합 파형이 제각기 다른 통신 채널 내에서 적어도 두 개의 신호를 갖도록, 상기 신호 성분들은 각각의 통신 프로토콜에 따라 각각의 통신 채널 내에서 변조되며,

적어도 2개의 신호를 규정하는 정보를 수신하는 단계,

각각의 신호를 규정하는 정보를 직교 주파수 멀티플렉싱된 신호 성분을 갖는 적어도 하나의 표현으로 변환하는 단계 - 각각의 신호 중 적어도 하나를 규정하는 정보는 동일 정보를 나타내는 서로 다른 직교 주파수 멀티플렉싱된 신호 성분을 갖는 적어도 2개의 교번하는 표현(alternate representation)으로 변환되며, 교번하는 표현 각각은 각 신호의 통신 프로토콜과 양립 가능함 - ,

동일 정보를 나타내는 적어도 2개의 신호의 각각의 서로 다른 결합을 규정하기 위해, 적어도 2개의 서로 다른 방식으로 동일 정보를 나타내는 서로 다른 직교 주파수 멀티플렉싱된 신호 성분을 갖는 적어도 2개의 교번하는 표현을 이용해, 직교 주파수 멀티플렉싱된 신호 성분을 각각 갖는 적어도 2개의 신호의 정보의 변환된 표현을 결합하는 단계,

적어도 하나의 기준에 대해 동일 정보를 나타내는 각각의 서로 다른 결합을 분석하는 단계,

상기 분석하는 단계를 기초로, 결합에 포함되도록 적어도 2개의 교번하는 표현 중 각각의 표현을 선택하는 단계, 및

(a) 각각의 결합 파형을 식별하는 정보, (b) 각각의 결합 파형을 규정하는 정보, 및 (c) 상기 선택하는 단계를 기초로, 적어도 2개의 신호 각각으로부터의 변환된 정보의 선택된 결합을 포함하는 각각의 결합 파형을 나타내는 정보 중 적어도 하나를 출력하는 단계를 포함하는, 결합 파형 제어 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 변환된 정보들의 제 1 결합 및 제 2 결합은 (a) 제 1 신호의 주파수 성분의 변조가 제 2 신호의 주파수 성분의 변조에 대해서 갖는 상대적인 타이밍 및 (b) 신호의 주파수 성분들의 상대적 위상 중 적어도 하나가 서로 상이한, 결합 파형 제어 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 적어도 하나의 기준은 피크 대 평균 전력 비(PAPR)를 포함하며, 적어도 하나의 신호는 IEEE 802.11 프로토콜, IEEE 802.16 프로토콜, 3GPP-LTE 다운링크 프로토콜, DAB 프로토콜 및 DVB 프로토콜을 포함하는 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 프로토콜과 호환 가능한 직교 주파수 분할 멀티플렉싱된 스트림이며, 상기 적어도 하나의 프로토콜에 따르는 수신기는 추가 정보가 상기 프로토콜 외부로 전송되는 것을 요구하지 않고서 적어도 2개의 각기 상이한 결합들을 복조하는, 결합 파형 제어 방법.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 적어도 2 개의 교번하는 표현들은 직교 주파수 멀티플렉싱된 신호 성분을 갖는 각자의 신호 표현을 규정하는 정보의 전체를 포함하는 변조 시퀀스에서의 주기적 시간 시프트(cyclic time shift)가 각기 상이하고, 적어도 하나의 기준은 상기 적어도 하나의 기준은 피크 대 평균 전력 비(PAPR)를 포함하며, 최저 PAPR을 생성하는 교번하는 표현이 결합을 위해서 선택되는, 결합 파형 제어 방법.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 분석하는 단계는 증폭기의 모델에서 결합 파형의 클리핑 왜곡(clipping distortion)을 분석하는 단계를 포함하는, 결합 파형 제어 방법.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 출력하는 단계는 선택된 결합 신호를 선택된 결합 신호의 디지털 표현으로부터 주파수 변조 없이 전송되도록 적응된 무선 주파수 아날로그 신호로 바로 변환하여서 출력하는 단계를 포함하는, 결합 파형 제어 방법.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서, 선택된 결합 신호의 중간 주파수 표현 및 무선 주파수 표현 중 적어도 하나를 사전 왜곡(predistorting)하는 단계를 더 포함하는, 결합 파형 제어 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 사전왜곡하는 단계는 아날로그 비선형성, 선택된 결합 신호를 증폭하는 전력 증폭기의 비선형 왜곡, 전송 채널 장애, 및 선택된 결합 신호를 이용해 통신하는 아날로그 무선 통신 시스템의 수신기 특성 중 하나 이상의 적어도 일부분을 보상하는, 결합 파형 제어 방법.

청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서, 동일 정보의 직교 주파수 멀티플렉싱된 신호 성분을 갖는 적어도 2개의 신호의 각각의 표현은 사이클릭 프리픽스(cyclic prefix)를 갖는 직교 주파수 도메인 멀티플렉싱된 신호를 포함하고, 상기 2개의 교번하는 표현들은 각각의 주기적 시간 시프트가 상이한, 결합 파형 제어 방법.

청구항 10

제1항 또는 제2항에 있어서, 적어도 2개의 신호 각각은 통신 프로토콜을 준수하는 직교 주파수 분할 멀티플렉싱된 신호로서 수신되고, 신호 중 적어도 하나는, (a) 제 2 신호에 대한 제 1 신호의 모든 주파수 성분의 변조의 상대적 타이밍, 및 (b) 신호의 모든 주파수 성분의 상대적 위상 중 적어도 하나가 상이한 적어도 2개의 교번하는 표현을 생성하도록 변형되며, 적어도 하나의 기준은 결합 신호의 PAPR(peak to average power ratio)을 포함하며, 선택된 결합 신호는 최저 PAPR을 나타내는 결합 신호인, 결합 파형 제어 방법.

청구항 11

각각의 복수의 채널에서 복수의 신호를 결합하기 위한 장치로서, 각각의 신호는 하나의 채널 내에서 위상 및 진폭 변조, 또는 위상 변조, 또는 진폭 변조된 직교 주파수 성분의 세트를 포함하며, 상기 장치는,

복수의 신호 각각을 규정하는 정보를 수신하고,

복수의 신호의 각각의 신호를 규정하는 수신된 정보를 각자의 복수의 직교 주파수 멀티플렉싱된 신호 성분으로서 표현하고 - 복수의 신호 중 적어도 하나의 신호를 규정하는 정보는 수신된 동일 정보를 다 함께 규정하는 직교 주파수 멀티플렉싱된 신호 성분의 복수의 교번하는 세트로서 표현됨 - ,

복수의 신호를 표현하는 각각의 복수의 직교 주파수 멀티플렉싱된 신호 성분의 복수의 서로 다른 결합을 적어도 하나의 피트니스 기준에 대해 분석하며 - 복수의 표현 각각은 복수의 신호의 적어도 하나의 신호의 직교 주파수 멀티플렉싱된 신호 성분의 각기 교번하는 세트를 포함함 - ,

분석을 기초로 서로 다른 결합 중 각각의 결합을 선택하도록 구성된 프로세서와,

선택된 결합의 식별, 선택된 결합, 및 선택된 결합을 규정하는 정보 중 적어도 하나를 제시하도록 구성된 출력 포트

를 포함하는, 복수의 신호를 결합하기 위한 장치.

청구항 12

제11항에 있어서, 변환된 정보들의 제 1 결합 및 제 2 결합은 (a) 제 2 신호에 대한 제 1 신호의 모든 주파수 성분의 변조의 상대적 타이밍 및 (b) 신호의 모든 주파수 성분들의 상대적 위상 중 적어도 하나가 서로 상이하며, 적어도 하나의 기준이 PAPR(peak to average power ratio)을 포함하는, 복수의 신호를 결합하기 위한 장치.

청구항 13

제11항 또는 제12항에 있어서, 복수의 신호 중 적어도 하나의 신호는 IEEE 802.11 프로토콜, IEEE 802.16 프로토콜, 3GPP-LTE 다운링크 프로토콜, DAB 프로토콜 및 DVB 프로토콜을 포함하는 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 프로토콜과 호환 가능한 직교 주파수 분할 멀티플렉싱된 스트림이며, 상기 적어도 하나의 프로토콜에 따르는 수신기는 추가 정보가 상기 프로토콜 외부로 전송되는 것을 요구하지 않고서 복수의 신호의 적어도 하나의 신호의 직교 주파수 멀티플렉싱된 신호 성분의 각기 교번하는 세트 각각을 복조하는, 복수의 신호를 결합하기 위한 장치.

청구항 14

제11항 또는 제12항에 있어서, 복수의 신호 중 적어도 하나의 신호의 직교 주파수 멀티플렉싱된 신호 성분의 각기 교번하는 세트는 변조 시퀀스에서의 주기적 시간 시프트(cyclic time shift)가 각기 상이하고, 적어도 하나의 기준은 상기 적어도 하나의 기준은 피크 대 평균 전력 비(PAPR)를 포함하며, 최저 PAPR을 생성하는 교번하는 표현이 결합을 위해서 선택되는, 복수의 신호를 결합하기 위한 장치.

청구항 15

제11항 또는 제12항에 있어서, 상기 출력 포트는 결합 신호의 디지털 표현에서, 주파수 변조 없이 송신되기 위한 무선 주파수 아날로그 신호로의 직접 변환을 출력하도록 구성되는, 복수의 신호를 결합하기 위한 장치.

청구항 16

제11항 또는 제12항에 있어서, 상기 프로세서는 선택된 결합 신호의 중간 주파수 및 무선 주파수 표현 중 적어도 하나를 사전왜곡하도록 더 구성되는, 복수의 신호를 결합하기 위한 장치.

청구항 17

제16항에 있어서, 사전왜곡은 아날로그 비선형성, 선택된 결합 신호를 증폭하는 전력 증폭기의 비선형 왜곡, 전송 채널 장애, 및 선택된 결합 신호를 이용해 통신하는 아날로그 무선 통신 시스템의 수신기 특성 중 하나 이상의 적어도 일부분을 보상하는, 복수의 신호를 결합하기 위한 장치.

청구항 18

제11항 또는 제12항에 있어서, 적어도 2개의 신호 각각은 통신 프로토콜을 준수하는 직교 주파수 분할 멀티플렉싱된 신호로서 수신되고, 복수의 신호 중 적어도 하나의 신호의 직교 주파수 멀티플렉싱된 신호 성분의 각기 교번하는 세트 각각은, 통신 프로토콜 외부의 추가 정보를 수신할 필요 없이 프로토콜에 준수하는 수신기에 의해 복조되도록 구성되며, 적어도 하나의 기준은 결합 신호의 PAPR(peak to average power ratio)을 포함하며, 선택된 결합 신호는 최저 PAPR을 나타내는 결합 신호인, 복수의 신호를 결합하기 위한 장치.

청구항 19

제11항 또는 제12항에 있어서, 프로세서는 증폭기의 모델에서의 결합 파형의 비선형 왜곡을 분석하고, 선택된 결합의 적어도 하나의 성분을 추가로 사전왜곡하는, 복수의 신호를 결합하기 위한 장치.

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

- 청구항 23
삭제
- 청구항 24
삭제
- 청구항 25
삭제
- 청구항 26
삭제
- 청구항 27
삭제
- 청구항 28
삭제
- 청구항 29
삭제
- 청구항 30
삭제
- 청구항 31
삭제
- 청구항 32
삭제
- 청구항 33
삭제
- 청구항 34
삭제
- 청구항 35
삭제
- 청구항 36
삭제
- 청구항 37
삭제
- 청구항 38
삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 무선 주파수 신호의 무선 통신 분야에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 결합 신호의 PAPR(peak to average power ratio: 피크 대 평균 전력 비율)을 저감시키거나 수신기에서의 추론된 에러를 저감시키기 위해서 결합 신호를 제어하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이동 무선 통신을 위한 통상적인 신호 포맷은 OFDM(orthogonal frequency division multiplexing) 포맷 및 이와 밀접하게 관련된 포맷들이 있으며, 이렇게 밀접하게 관련된 포맷 중 하나가 OFDMA(orthogonal frequency division multiple access)이다. OFDM 신호 채널 상에서 반송되는 신호의 특징에 대하여 말하자면, 주파수 영역이 다수의 서로 인접하는 협대역의 서브채널들로 되어 있으며, 시간 영역은 각각이 시간 T를 갖는 상대적으로 저속의 일련의 OFDM 심볼들로 되어 있으며, 각 OFDM 심볼은 가드 인터벌(guard interval) ΔT 만큼 이격되어 있다 (도 1 참조). 이 각 가드 인터벌 내에는 각 심볼 기간 이전에 사이클릭 프리픽스(CP)(cyclic prefix)가 존재하며, 이 사이클릭 프리픽스는 상기 심볼 기간 내의 신호와 동일한 신호로 구성되며 시간상 주기적으로 시프트된다. 이러한 CP는 높은 건물이나 구릉(hill) 등과 같은 지형적으로 큰 물체로부터 무선 주파수 신호들이 반사되는 것과 같이 다중 경로가 존재하는 경우에도 그 수신된 신호가 정확한 시간상의 동기화와 관련하여서 덜 예민하게 될 수 있도록 설계된다. 소정의 심볼이 근소한 시간 지연 정도(ΔT 보다 작음)로 해서 수신되는 경우에, 이 심볼은 오차 없이 전과 마찬가지로 수신될 것이다. OFDM 페이로드(payload)와 연관된 데이터 심볼들 이외에, 통상적으로 또한 "프리앰블(preamble)"이 존재하는데, 이 프리앰블은 타이밍 및 다른 기준들을 확립시킨다. 이 프리앰블은 도 1에서는 나타나지 않은 자신의 고유 CP를 가질 수 있다.

[0003] OFDM에 있어서, 서브캐리어 주파수들은 서브캐리어들이 서로 직교하도록 선택된다. 이는 서브채널들 간의 크로스토크가 제거되어 서브캐리어 간의 가드 밴드(guard band)가 필요 없음을 의미한다. 이로써, 송신기 및 수신기 양자의 설계가 크게 단순화될 수 있다. 즉, 통상적인 FDM 방식과는 달리, 각 서브 채널에 대하여 개별 필터가 필요 없게 된다. 이러한 직교성으로 인해서, 서브캐리어들 간의 이격 정도 또는 스페이싱(spacing)은 $\Delta f = k/(T_U)$ 헤르쯔가 될 필요가 있다. 여기서, T_U 초는 유용한 심볼 기간(수신기 측의 윈도우 크기)이며 k는 양의 정수로서 통상적으로 1과 대등하다. 따라서, N 개의 서브캐리어가 존재하는 경우에, 총 패스밴드 대역폭은 $B \approx N \cdot \Delta f(\text{Hz})$ 의 관계가 성립할 것이다. 또한, 직교성으로 인해서 높은 스펙트럼 효율이 가능하고 총 심볼 레이트는 나이퀴스트 속도(Nyquist rate)에 근사하게 된다. 전체 가용 주파수 대역이 거의 사용될 수 있다. OFDM 방식은 일반적으로 거의 "백색인" 스펙트럼을 가지며 이로써 OFDM은 다른 공동 채널 사용자들에게 유익한 전자기 간섭 특성을 구비하게 된다.

[0004] 2 개의 OFDM 신호들이 결합될 때에, 그 결과는 일반적으로 비직교성 신호가 된다. 단일 OFDM 신호 대역으로 한

정된 수신기는 일반적으로 채널 외 신호(out-of-channel signal)에 의해서 영향을 받지 않을 것이지만, 이러한 채널 외 신호가 공통 전력 증폭기를 통과할 경우에는, 아날로그 시스템 구성 요소들의 고유한 비선형성으로 인해서 상호 작용이 발생하게 된다.

- [0005] OFDM 방식에서는 수신기와 송신기 간에 매우 정확한 주파수 동기화가 필요하다. 즉, 주파수 편차가 발생하면, 서브캐리어들은 서로 직교하지 않게 되고, 이로써, ICI(inter-carrier interference: 캐리어 간 간섭)가 유발된다. 즉, 서브캐리어들 간의 크로스토크가 발생한다. 이러한 주파수 편차는 통상적으로 송신기 발진기와 수신기 발진기 간의 오정합으로 인해서 발생하거나 움직임으로 인한 도플러 시프트 효과에 의해서 발생하게 된다. 도플러 시프트는 단독으로는 수신기에 의해서 보상될 수 있지만, 이 도플러 시프트가 다중 경로와 결합될 때에는 다양한 주파수 편차의 경우에 파 반사들이 발생할 수 있기 때문에 상황이 더 악화될 수 있다. 이러한 상황은 보정하기 매우 어렵다.
- [0006] 또한, 직교성으로 인해서, 수신기 측에서는 FFT(고속 푸리에 변환) 알고리즘을 사용하고 전송기 측에서는 IFFT(역 고속 푸리에 변환) 알고리즘을 사용하여서 변조기 및 복조기가 효율적으로 구현될 수 있다. FFT 알고리즘은 상대적으로 효율적이지만, 어느 정도의 계산상의 복잡성이 존재하므로 이는 제한적인 요인으로 작용한다.
- [0007] OFDM 방식의 하나의 핵심 원리는 저 심볼 레이트 변조 방식(즉, 심볼 기간들이 채널 시간 특성에 비해서 상대적으로 김)은 다중 경로 전파에 의해서 유발되는 심볼간 간섭을 덜 경험하기 때문에, 단일 고 레이트 스트림 대신에 다수의 저 레이트 스트림들을 병렬로 전송하는 것이 유리하다는 것이다. 각 심볼 기간이 길기 때문에, OFDM 심볼들 간에 가드 인터벌을 삽입할 수 있으며, 이로써, 심볼간 간섭이 제거될 수 있다. 또한, 이러한 가드 인터벌로 인해서 펄스 정형 필터가 필요 없게 되며 시간상의 동기화 문제들에 대해서도 덜 예민해질 수 있다.
- [0008] 가드 인터벌 동안에 전송되는 사이클릭 프리픽스(CP)는 이 가드 인터벌 내로 복제된 OFDM 심볼의 단부로 구성되며, 가드 인터벌이 전송되고 OFDM 심볼이 이 가드 인터벌을 따르게 된다. 사이클릭 프리픽스가 복제된 OFDM 심볼의 단부로 구성되는 이유는 수신기가 FFT 알고리즘을 사용하여서 OFDM 복조를 수행할 때에 수신기가 정수 개수의 사인형 사이클(sinusoid cycle)에 걸쳐서 다중 경로 각각에 대해서 적분할 수 있도록 하기 위함이다.
- [0009] 가령, 다중 경로 전파에 의해서 유발되는 페이딩(fading)과 같은 주파수 선택적 채널 상태들의 영향은 서브채널이 충분히 협대역으로 되어 있으면, 즉, 서브채널들의 개수가 충분히 많으면, OFDM 서브채널에 걸쳐서 일정한 것으로 고려될 수 있다. 이로써, 종래의 단일 캐리어 변조에 비해서 OFDM에서는 수신기에서의 등화 과정이 매우 단순하게 될 수 있다. 등화기는 각 검출된 서브캐리어(각 푸리에 계수)를 일정한 복소수 또는 거의 변하지 않는 값만큼 승산해야 할 뿐이다. 따라서, 수신기는 명시적 정보가 전송되도록 요구할 필요 없이 그 신호의 그러한 수정 사항들을 대체적으로 허용할 수 있다.
- [0010] OFDM은 언제나 채널 코딩(순방향 에러 보정)과 함께 사용되며 거의 언제나 주파수 및/또는 시간 인터리빙을 사용한다. 주파수(서브캐리어) 인터리빙은 페이딩과 같은 주파수 선택적 채널 상태들의 영향에 대한 내성을 증가시킬 수 있다. 가령, 채널 대역폭의 일부가 페이딩되면, 주파수 인터리빙을 수행함으로써, 이 대역폭의 페이딩된 부분에서의 서브캐리어들로부터 기인될 수 있는 비트 에러들이 비트 스트림 내에서 집중되기보다는 분산될 수 있게 된다. 이와 마찬가지로, 시간 인터리빙을 수행함으로써, 비트 스트림 내에서 최초에는 서로 근접해 있던 비트들이 시간이 지나면서 서로 멀리 떨어져서 전송되며, 이로써 고속으로 이동할 경우에 발생할 수 있었던 극심한 페이딩을 완화시킬 수 있다. 따라서, 등화 과정에서와 본질적으로 유사하게, 수신기는 그로써 생성된 여러 레이트를 증가시키지 않고서 이러한 타입의 수정 사항들을 어느 정도 통상적으로 허용할 수 있다.
- [0011] OFDM 신호는 IFFT(inverse fast Fourier transform)에 의해서 디지털 베이스밴드 데이터로부터 생성되는데, IFFT 계산상 복잡하며 이하에서 기술될 바와 같이 전 범위의 심볼들을 포함하는 심볼 세트에 대해서 상대적으로 높은 PAPR(peak to average power ratio)을 갖는 신호를 생성한다. 이러한 높은 PAPR로 인하여, 일반적으로 전력 증폭기(PA)의 취득 비용 및 운용 비용이 증가하게 되고, 낮은 PAPR을 갖는 신호들에 대해서 설계된 시스템들에 비해서 큰 비선형 왜곡(non-linear distortion)이 통상적으로 발생하게 된다. 이러한 큰 비선형 왜곡으로 인해서, 무엇보다도, 전력 손실을 일으키는 클립핑 왜곡 및 IM(intermodulation) 왜곡이 발생하고, 또한, 대역 외 간섭 및 가능하게는 대역 내 간섭이 발생하게 되어서 이에 따라서 수신기에서의 BER(bit error rate)가 증가하게 된다.
- [0012] 통상적인 타입의 OFDM 송신기에서, 신호 생성기는 입력 정보 비트 시퀀스에 대해서 에러 보정 인코딩, 인터리빙 및 심볼 맵핑을 수행하여서 전송 심볼들을 생성한다. 이 전송 심볼들은 S/P(serial to parallel) 변환기에서 직렬 대 병렬 변환을 받게 되고 이로써 다수의 병렬 신호 시퀀스로 변환된다. 직렬 대 병렬 변환된 신호는 이어서

IFFT 유닛에서 역 고속 푸리에 변환을 받게 된다. 이어서, 이 신호는 P/S(parallel to serial) 변환기에서 병렬 대 직렬 변환을 받아서 하나의 신호 시퀀스로 변환된다. 이어서, 가드 인터벌들이 GI(guard interval) 부가 유닛에 의해서 부가된다. 이렇게 형성된 신호는 이어서 무선 주파수로 업컨버팅되고 전력 증폭기에서 증폭되며 마지막으로 무선 안테나에 의해서 OFDM 신호로서 전송된다.

[0013] 한편, 통상적인 타입의 OFDM 수신기에서, 상기 무선 주파수 신호는 베이스밴드 또는 중간 주파수로 다운컨버팅 되고 수신된 신호로부터 가드 인터벌을 가드 인터벌 제거 유닛이 제거한다. 이어서, 수신된 신호는 S/P 변환기에서 직렬 대 병렬 변환을 받게 되고 FFT 유닛에서 고속 푸리에 변환을 받으며 P/S 변환기에서 병렬 대 직렬 변환을 받는다. 이어서, 디코딩된 비트 시퀀스가 출력된다.

[0014] 각 OFDM 채널이 전력 증폭기(PA) 및 안테나 요소에서 끝나는 자신의 고유한 전송 채널을 갖는 것이 통상적이다. 그러나, 몇몇 경우에, 도 2에 도시된 바와 같이, 동일한 전력 증폭기(PA) 및 안테나 요소를 사용하여 2 개 이상의 개별 OFDM 채널들을 전송하기를 원할 수 있다. 이로써, 한정된 개수의 기지국 타워 상에서 추가된 통신 대역폭을 갖는 시스템이 가능할 수 있다. 사용자가 추가되고 데이터 레이트도 추가된 경우의 구동 시에는, 이러한 시스템은 매우 바람직하다. 2 개의 채널들이 도 2에 도시된 바와 같은 2 단 업컨버팅 프로세스에 의해서 중간 주파수로 결합될 수 있다. 실수(real) 베이스밴드 신호들에 대한 증폭이 도 2에 도시되었지만, 일반적으로는, 동위상 업컨버팅 및 직교위상 업컨버팅을 갖는 복소수(complex)의 2 위상 신호들(미도시)을 가질 수 있다. 도 2는 디지털 신호와 아날로그 신호들 간의 경계를 나타내지 않고 있다. 베이스밴드 신호들은 정상적으로는 디지털이며 RF 전송 신호는 정상적으로는 아날로그이며, 이 두 단들 간의 어디에 디지털 대 아날로그 변환 단이 존재한다.

[0015] 각각이 평균 전력 P_0 및 최대 순간 전력 P_1 을 갖는 2 개의 유사한 채널을 고려해보자. 이는 dB로 하면 $PAPR[dB] = 10 \log(P_1/P_0)$ 으로 통상적으로 표현되는 피크 대 평균 전력 비(PAPR) = P_1/P_0 에 대응한다. 결합된 신호의 경우에, 평균 전력은 $2 P_0$ (3 dB의 증가)이지만, 최대 순간 전력은 $4P_1$ 만큼 높을 수 있다(6 dB의 증가). 따라서, 결합된 신호의 경우에 PAPR은 3 dB만큼 증가할 수 있다. 최대 전력치는 2 개의 채널들로부터의 신호들이 동 위상을 갖는 피크 값을 가질 경우에 발생할 것이다. 이는 발생하기 힘든 과도적인 현상이지만 일반적으로 모든 전송 구성 요소들의 선형 동적 범위는 이러한 현상으로부터 자유로울 수 없을 것이다. 비선형성은 상호 변조 기생 신호(intermodulation products)를 유발할 것이며 이 상호 변조 기생 신호는 신호의 품질을 저하시키고 신호가 스펙트럼의 바람직하지 않는 영역들 내로 확산되게 할 수 있다. 이로써, 필터링이 요구되며 어떠한 경우에도 시스템의 전력 효율을 감소시킬 것이다.

[0016] 이러한 높은 PAPR을 처리하기 위해서 요구되는 증가된 선형 동적 범위를 갖는 구성 요소들은 보다 큰 선형 동적 범위를 처리하기 위해서 더 많은 개수의 유효 비트들을 가져야 하는 가령 디지털 대 아날로그 변환기를 포함한다. 그러나, 전력 증폭기(PA)가 이 보다 중요한 구성 요소인데, 그 이유는 전력 증폭기는 일반적으로 송신기에서 최대의 최고 전력 집약적인 구성 요소이기 때문이다. 경우에 따라서 오직 작은 분량의 시간에 사용되는 초과 동적 범위를 갖는 구성 요소들을 유지할 수 있지만, 이는 낭비적이며 비효율적이어서 가능한 한 회피되어야 한다. 더 큰 동적 범위를 갖는 증폭기는 통상적으로 더 작은 동적 범위를 갖는 증폭기에 비해서 많은 비용이 들며 서로 비교 가능한 입력 및 출력에 있어서의 전류 효율이 낮으며 정지 상태의 전류 소모가 크다.

[0017] OFDM에서 이러한 채널들은 다수의 근접하게 이격된 서브채널들로 구성되기 때문에, 상기의 높은 PAPR 문제는 OFDM 및 이와 관련된 과형에서 잘 알려진 일반적인 문제였다. 이러한 높은 PAPR를 감소시키기 위한 수많은 종래 방식들이 존재한다. 이러한 방식들은 가령 Proc. 2006 IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology의 페이지 821-827에서 Hanna Bogucka가 기술한 "Directions and Recent Advances in PAPR Reduction Methods"와 같은 문헌에 언급되어 있으며, 이 문헌은 본 명세서에서 참조로서 인용된다. 이러한 PAPR 저감 방식들은 진폭 클리핑 및 필터링 방식, 코딩 방식, 톤 예약 방식, 톤 주입 방식, 능동 성상도 확장(active constellation extension) 방식 및 PTS(partial transmit sequence), SLM(selective mapping) 및 인터리핑과 같은 다수의 신호 표현 기술들을 포함한다. 이러한 방식들을 사용하면 PAPR이 크게 저감되지만 전송 신호 전력이 증가하고 비트 에러 레이트(BER)가 증가하며, 데이터 레이트 손실이 발생하고, 계산상의 복잡도가 증가하게 된다. 또한, 이러한 방식들 중 수많은 방식에서는 수신된 신호가 적절하게 디코딩되도록 전송 신호 그 자체 이외에 (신호 변환에 대한) 추가적 부 정보들이 전송되어야 한다. 이러한 부 정보들은 그 방식의 보편성을 떨어뜨리는데, 특히 다양한 기지국 송신기들로부터 신호들을 수신하기 위해서 간단한 이동 수신기들을 사용하고 자 하는 경우에 특히 그러하다. 위의 Bogucka가 개시한 방식들 및 본 기술 분야에서 달리 알려진 방식들은 이하에서 기술되는 방식들과 서로 호환 가능하는 정도에서 함께 사용될 수 있다.

- [0018] OFDM 전송 기술에 있어서 PAPR(피크 대 평균 전력 비) 문제를 해결하기 위한 다양한 노력들은 주파수 영역 인터리빙법, 클리핑 필터링법(가령, X. Li and L. J. Cimini, "Effects of Clipping and Filtering on the Performance of OFDM", IEEE Commun. Lett., Vol. 2, No. 5, pp. 131-133, May, 1998 참조), PTS(partial transmit sequence)법(가령, L. J Cimini and N. R. Sollenberger, "Peak-to-Average Power Ratio Reduction of an OFDM Signal Using Partial Transmit Sequences", IEEE Commun. Lett., Vol. 4, No. 3, pp. 86-88, March, 2000 참조) 및 CSS(cyclic shift sequence)법(가령, G. Hill and M. Faulkner, "Cyclic Shifting and Time Inversion of Partial Transmit Sequences to Reduce the Peak-to-Average Ratio in OFDM", PIMRC 2000, Vol. 2, pp. 1256-1259, Sep. 2000 참조)을 포함한다. 또한, 비선형 전송 증폭기가 사용될 때에 OFDM 전송에 있어서 수신 특성을 개선하기 위해서, 전송 증폭기에 의해서 클리핑된 전력 손실을 최소화하는 MCPLS(minimum clipping power loss scheme)을 사용하는 PTS법이 제안되었다(가령, Xia Lei, Youxi Tang, Shaoqian Li, "A Minimum Clipping Power Loss Scheme for Mitigating the Clipping Noise in OFDM", GLOBECOM 2003, IEEE, Vol. 1, pp. 6-9, Dec. 2003 참조). MCPLS은 또한 CSS법에 대해서도 적용될 수 있다.
- [0019] PTS 방식에서는, 각각의 서브캐리어에 대해서 미리 결정된 적합한 위상 회전 값 세트가 다수의 세트들로부터 선택되고, 이 선택된 위상 회전 값 세트는 신호 변조 이전에 각 서브캐리어의 위상을 회전시키는데 사용된다. 이로써, 피크 대 평균 전력 비(PAPR)가 저감되게 된다(가령, S. H. Muller and J. B. Huber, "A Novel Peak Power Reduction Scheme for OFDM", Proc. of PIMRC '97, pp. 1090-1094, 1997, 및 G. R. Hill, Faulkner, and J. Singh, "Deducing the Peak-to-Average Power Ratio in OFDM by Cyclically Shifting Partial Transmit Sequences", Electronics Letters, Vol. 36, No. 6, 16th March, 2000 참조).
- [0020] 결합된 OFDM 신호들의 PAPR를 저감하기 위한 실제적 방법 및 이와 관련된 장치에서 필요한 사항은 수신된 신호의 품질을 저하시키지 않거나 부 정보 전송을 요구하지 않는 것이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0021] (특허문헌 0001) 다음과 같은 미국 특허 문헌들은 피크 대 평균 전력 비(PAPR) 문제와 관련되며 각각이 본 명세서에서 명시적으로 참조로서 인용된다: 미국 특허 7,535,950, 7,499,496, 7,496,028, 7,467,338, 7,463,698, 7,443,904, 7,376,202, 7,376,074, 7,349,817, 7,345,990, 7,342,978, 7,340,006, 7,321,629, 7,315,580, 7,292,639, 7,002,904, 6,925,128, 7,535,950, 7,499,496, 7,496,028, 7,467,338, 7,443,904, 7,376,074, 7,349,817, 7,345,990, 7,342,978, 7,340,006, 7,339,884, 7,321,629, 7,315,580, 7,301,891, 7,292,639, 7,002,904, 6,925,128, 및 5,302,914.
- (특허문헌 0002) 다음과 같은 미국 특허 출원 공개 문헌들은 피크 대 평균 전력 비(PAPR) 문제와 관련되며 각각이 본 명세서에서 명시적으로 참조로서 인용된다: 미국 특허 출원 공개 20100142475, 20100124294, 20100002800, 20090303868, 20090238064, 20090147870, 20090135949, 20090110034, 20090110033, 20090097579, 20090086848, 20090080500, 20090074093, 20090067318, 20090060073, 20090060070, 20090052577, 20090052561, 20090046702, 20090034407, 20090016464, 20090011722, 20090003308, 20080310383, 20080298490, 20080285673, 20080285432, 20080267312, 20080232235, 20080112496, 20080049602, 20080008084, 20070291860, 20070223365, 20070217329, 20070189334, 20070140367, 20070121483, 20070098094, 20070092017, 20070089015, 20070076588, 20070019537, 20060268672, 20060247898, 20060245346, 20060215732, 20060126748, 20060120269, 20060120268, 20060115010, 20060098747, 20060078066, 20050270968, 20050265468, 20050238110, 20050100108, 20050089116, 및 20050089109.

비특허문헌

- [0022] (비특허문헌 0001) 다음과 같은 비특허 문헌들도 역시 피크 대 평균 전력 비(PAPR) 문제와 관련되며 각각이 본 명세서에서 명시적으로 참조로서 인용된다:
- (비특허문헌 0002) Vijayarangan, et al., "An overview of techniques for reducing peak to average power ratio and its selection criteria for orthogonal frequency division multiplexing radio systems",

Journal of Theoretical and Applied Information Technology, vol 5, no. 5 (Feb. 2009).

(비특허문헌 0003) Hussain, et al., "Tone reservation's complexity reduction using fast calculation of maximal IDFT element", IEEE, IWCMC 08, Greece (2008).

(비특허문헌 0004) Zhao, et al., "A study on the PAPR reduction by hybrid algorithm based on the PTS and GS technique", The Journal of the Korean Institute of Communication Sciences, Vol. 31, No. 2A, p. 187, Feb. 2006.

(비특허문헌 0005) Marsalek, "On the reduced complexity interleaving method for OFDM PAPR reduction", Radioengineering, vol. 1, no 3, September 2006.

(비특허문헌 0006) Wu, et al., "8B/10B Codec for efficient PAPR reduction in OFDM communication systems", IEEE Int'l Conf on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WCNMC), June 13-16, 2005, Maui, HI, USA.

(비특허문헌 0007) Hussein, et al., "Performance enhancement of STBC OFDM-CDMA system using channel coding techniques over multipath fading channel", Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Vol. 5, No. 5, pp. 591-601, June, 2009.

(비특허문헌 0008) Muller, et al., "OFDM with reduced peak-to-average power ratio by multiple signal representation", Annals of Telecommunications, vol. 52, no 1-2, pp. 58-67, February 1997.

(비특허문헌 0009) Mobasher, et al., "Integer-based constellation shaping method for PAPR reduction in OFDM systems", IEEE Transactions on Communications, vol. 54, pp. 119-126, Jan. 2006.

(비특허문헌 0010) Deumal, et al., "Peak reduction of multi-carrier systems by controlled spectral outgrowth", Proc. IEEE Intl. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2006.

(비특허문헌 0011) Wen, et al., "The PAPR reduction in OFDM system with the help of signal mapping scheme", International Journal of Applied Science and Engineering 2007, 5, 1: 75-80.

(비특허문헌 0012) Sohn, "RBF neural network based SLM peak-to-average power ratio reduction in OFDM systems, ETRI Journal, Volume 29, Number 3, June 2007.

(비특허문헌 0013) Sathananthan, et al., "Reducing intercarrier interference in OFDM systems by partial transmit sequence and selected mapping", Proc. Int'l. Symp. on DSP for Comm. Systems, 2002.

(비특허문헌 0014) Tseng, et al., "A reduced-complexity PTS scheme for peak-to-average power ratio reduction in OFDM systems", Proc. European Society for Signal Processing (EURASIP) 2008.

(비특허문헌 0015) Behravan, et al., "Iterative estimation and cancellation of nonlinear distortion in OFDM systems", www.mantracom.com/downloads June 19, 2008.

(비특허문헌 0016) Vijayarangan, et al., "Reducing peak to average power ratio in orthogonal frequency division multiplexing using modified peak factor mapping", IE(I) Journal-ET (Feb, 2008).

(비특허문헌 0017) Pradabpet, et al., "A new PAPR reduction in OFDM systems using PTS combined with APPR for TWTA nonlinear HPA", Songklanakarin J. Sci. Technol. 30 (3), 355-360, May-Jun 2008.

(비특허문헌 0018) Matejka, "DRM PAPR distribution and its relation to classical AM power amplifier", www.urel.feec.vutbr.cz/ra2008/archive/ra2003/papers/169.pdf, Radioelektronika 2003.

(비특허문헌 0019) De figueiredo, "Adaptive pre-distorters for linearization of high power amplifiers in OFDM wireless communications", IEEE North Jersey Section CASS/EDS Chapter, Distinguished lecture.

(비특허문헌 0020) Taha, "Performance analysis of ICC technique for OFDM PAPR reduction and its application over BTC, Master's degree project, Stockholm, Sweden 2006.

(비특허문헌 0021) Jayalath, et al., "On the PAR reduction of OFDM signals using multiple signal representation", IEEE Communications Letters, vol. 8, no. 7, July 2004.

- (비특허문헌 0022) Andgart, et al., "Designing Tone Reservation PAR reduction", EURASIP Journal on applied Signal Processing, vol 2006, article ID 38237, pages 1-14.
- (비특허문헌 0023) Siegl, et al., "Partial transmit sequences for Peak-to-average power ratio reduction in multiantenna OFDM", EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, vol. 2008, article ID 325829, 11 pages.
- (비특허문헌 0024) Wen, et al., "A sub-optimal PTS algorithm based on particle swarm optimization technique for PAPR reduction in OFDM systems", EURASIP J. Wireless Commun. and Networking (Jan. 2008).
- (비특허문헌 0025) Deng, et al., "OFDM PAPR reduction using clipping with distortion control", Proc. 2005 IEEE Conf. on Communications.
- (비특허문헌 0026) Lin, et al., "Selective-mapping type peak power reduction techniques for turbo coded OFDM", 2005 International Conference on Wireless Networks, Communications and Mobile Computing.
- (비특허문헌 0027) Al-Kebisi, et al., "Throughput enhancement and performance improvement of the OFDM based WLAN system", IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, vol. 9, no. 4, April 2009.
- (비특허문헌 0028) Giannopoulos, et al., "Novel efficient weighting factors for PTS-based PAPR reduction in low-power OFDM transmitters", www.erasip.org/proceedings/Eusipco/Eusipco2006/papers/1568982220 2006.
- (비특허문헌 0029) Wulich, et al., "Is PAPR reduction always justified for OFDM?", Proc. European Wireless Conference, 2007.
- (비특허문헌 0030) Wesolowski, "On the PAPR minimization using selected mapping algorithm in pilot-assisted OFDM systems", Proc. European Wireless Conference, 2007.
- (비특허문헌 0031) Alharbi, et al., "A combined SLM and closed-loop QO-STBC for PAPR mitigation in MIMO-OFDM transmission". www.erasip.org/proceedings/Eusipco/Eusipco2008/papers/1569102063 2008.
- (비특허문헌 0032) Yang, et al., "Selective vector perturbation precoding and peak to average power ratio reduction of OFDM systems", Proc. IEEE Global Telecommunications Conf., 2008.
- (비특허문헌 0033) Tsai, et al., "A tail-biting turbo coded OFDM system for PAPR and BER reduction", 2007 IEEE Vehicular Technology Conference.
- (비특허문헌 0034) Baxley, "Analyzing selected mapping for peak-to-average power reduction in OFDM", Thesis, School of Electrical and Computer Engineering, Georgia Institute of Technology, May 2005.
- (비특허문헌 0035) Wang, "Peak to average power ratio reduction for OFDM", Research & Standards LGE Mobile Research, USA, August 27, 2007, 3GPP2, TSG-C NTAH.
- (비특허문헌 0036) PARK, ET AL., "Tone reservation method for PAPR reduction scheme", IEEE 802.16e-03/60.
- (비특허문헌 0037) Breiling, et al., "SLM peak-power reduction without explicit side information", IEEE Communications Letters, vol. 5, no. 6, June 2001.
- (비특허문헌 0038) Guel, et al., "Approximation of the average power variation for geometric adding signal approach of PAPR reduction in context of OFDM signals", Union Radio Scientifique Internationale-URSI, August 7-16, 2008, Chicago, IL.
- (비특허문헌 0039) Hussain, et al., "Peak to average power ratio reduction for multi-band OFDM system using tone reservation", www.ursi-test.intec.ugent.be/files/URSIGA08/papers/CPS2p5 2008.
- (비특허문헌 0040) Valbonesi, et al., "Low-complexity method for PAPR reduction in OFDM based on frame expansion parameter selection", 13th European Signal Processing Conference, September 4-8, 2005, Antalya, Turkey.

- (비특허문헌 0041) Breiling, et al., "Distortionless reduction of peak power without explicit side information", 2000 IEEE Global Telecommunications Conference.
- (비특허문헌 0042) Jayalath, et al., "Use of data permutation to reduce the peak-to-average power ratio of an OFDM signal", Wireless Communications and Mobile Computing, 2002, 2:187-203.
- (비특허문헌 0043) Jayalath, et al., "On the PAR reduction of OFDM signals using multiple signal representation", IEEE communications Letters, vol. 8, no. 7, July 2004.
- (비특허문헌 0044) Jayalath, et al., "SLM and PTS peak-power reduction of OFDM signals without side information", IEEE Trans. on Wireless Communications, vol. 4, no. 5, September 2005.
- (비특허문헌 0045) Veeragandham, "Orthogonal frequency division multiplexing" EECS 865:Wireless Communications.
- (비특허문헌 0046) Fischer, et al., "Directed selected mapping for peak-to-average power ratio reduction in MIMO OFDM", Proc. International OFDM Workshop, 2007.
- (비특허문헌 0047) Fischer, "Widely-linear selected mapping for peak-to-average power ratio reduction in OFDM", Electronics Letters, vol. 43, 2007.
- (비특허문헌 0048) Wang, "Reduction of the PAPR in OFDM signals by applying PTS mechanism", Master Thesis, Institute of Communication Engineering, Tatung University, January 2004.
- (비특허문헌 0049) Lin, "Performance analysis in the PAPR of OFDM system via SLM scheme", Master Thesis, Institute of Communication Engineering, Tatung University, January 2004.
- (비특허문헌 0050) Rajbanshi, et al., "Peak-to-average power ratio analysis for NC- OFDM transmissions", Proc. 2007 IEEE Vehicular Technology Conference.
- (비특허문헌 0051) Saito, et al., "PAPR reduction of MC-CDMA signals by selected mapping with interleavers", Multi-Carrier Spread-Spectrum, Springer Netherlands, pp. 453-460.
- (비특허문헌 0052) Habendorf, et al., "Nonlinear predistortion with reduced peak-to-average power ratio", Proc. International Symposium on Wireless Communications.
- (비특허문헌 0053) Hosseini, et al., "PAPR reduction in OFDM systems using polynomial-based compressing and iterative expanding", 2006 IEEE ICASSP.
- (비특허문헌 0054) Fischer, et al., "Peak-to-average power ratio reduction in MIMO OFDM", Proc. 2007 Int. Conf on Communications, pp. 762-767.
- (비특허문헌 0055) Ragusa, et al., "Invertible clipping for increasing the power efficiency of OFDM amplification", Proc. 2007 IEEE Int. Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications.
- (비특허문헌 0056) Sezginer, et al., "Metric-based symbol predistortion techniques for peak power reduction in OFDM systems", IEEE Trans. on Wireless Communications, vol. 6, no. 7, July 2007.
- (비특허문헌 0057) Siegl, et al., "Peak-to-average power ratio reduction in multi-user OFDM", Proc. 2007 IEEE Int. Symp. on Information Theory.
- (비특허문헌 0058) Henkel, et al., "Partial transmit sequences and trellis shaping", Proc. 5th Int. ITC Conf. on Source and Channel Coding, 2004.
- (비특허문헌 0059) Lee, et al., "Unitary peak power reduction for short packet communications in multiple transmit antennas", IEEE Trans. Commun., vol. 56, Feb. 2008, pp. 234-244.
- (비특허문헌 0060) Loyka, et al., "On the peak factor of sampled and continuous signals", Proc. 2006 IEEE Vehicular Technology Conf.
- (비특허문헌 0061) Lin, et al., "Selective-mapping type peak power reduction techniques for turbo coded OFDM", 2005 IEEE Conf. on Wireless Networks, Communications and Mobile Computing.

- (비특허문헌 0062) Bonaccorso, et al., "Reducing the peak to average power ratio in OFDM systems", Dix-septieme colloqueGRETISI, Vannes, 13-17 septembre 1999.
- (비특허문헌 0063) Baxley, et al., "Assessing peak-to-average power ratios for communications applications", Proc. IEEE Military Communications Conf (MILCOM 2004).
- (비특허문헌 0064) Chen, et al., "A modified selective mapping with PAPR reduction and error correction in OFDM systems", 2007 IEEE Wireless Com. and Networking Conf., pp. 1329-1333.
- (비특허문헌 0065) Fischer, "Peak-to-average power ratio (PAR) reduction in OFDM based on lattice decoding", Proc. Int. OFDM Workshop.
- (비특허문헌 0066) Siegl, et al., "Directed selected mapping for peak-to-average power ratio reduction in single-antenna OFDM", Proc. Int. OFDM Workshop.
- (비특허문헌 0067) Ciocchina, et al., "An analysis of OFDM peak power reduction techniques for WiMAX systems", Proc. 2006 Int. Conf on Communications, pp. 4676-4681.
- (비특허문헌 0068) Malkin, et al., "Dynamic allocation of reserved tones for PAR reduction", OFDM Workshop, August 2008, Hamburg Germany.
- (비특허문헌 0069) Pradabpet, et al., "A new PTS method using GA for PAPR reduction in OFDM-WLAN 802.11a systems", www.jcsse.org/slide/comp_int/P0014.pdf.
- (비특허문헌 0070) Wu, et al., "Peak-to-average power ratio reduction in OFDM based on transformation of partial transmit sequences", Electronics Letters, January 19, 2006, vol. 42, no. 2.
- (비특허문헌 0071) Haider, "Peak to average ratio reduction in wireless OFDM communication systems", Thesis, Blekinge Institute of Technology, January 2006.
- (비특허문헌 0072) Henkel, et al., "Another application for trellis shaping: PAR reduction for DMT (OFDM)", IEEE Transactions on Communications, vol. 48, no. 9, September 2000.
- (비특허문헌 0073) Fischer, et al., "Peak-to-average power ratio reduction in single-and multi-antenna OFDM via directed selected mapping", July 19, 2007.
- (비특허문헌 0074) Herraiz, "Multicarrier communication systems with low sensitivity to nonlinear amplification", Thesis, Eng. i Arquitectura La Salle, Univers. Ramon Llull, Barcelona 2008.
- (비특허문헌 0075) Kasiri, et al., "A preprocessing method for PAPR reduction in OFDM systems by modifying FFT and IFFT matrices", The 18th Annual IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC'07).
- (비특허문헌 0076) Malkin, et al., "Optimal constellation distortion for PAR reduction in OFDM systems", Proc. 2008 PIMRC.
- (비특허문헌 0077) Wei, et al., "A modern extreme value theory approach to calculating the distribution of the peak-to-average power ratio in OFDM systems", 2002 IEEE Int. Conf. on Communications, vol. 3, pp. 1686-1690.
- (비특허문헌 0078) Rajbanshi, et al., "Adaptive-mode peak-to-average power ratio reduction algorithm for OFDM-based cognitive radio", 2006 IEEE Vehicular Technology Conf.
- (비특허문헌 0079) Ren, "An improved selected mapping scheme for PAPR reduction in OFDM systems", Thesis, University of Cincinnati.
- (비특허문헌 0080) Sohn, "RBF neural network based SLM peak-to-average power ratio reduction in OFDM systems, ETRI Journal, vol. 29, no. 3, June 2007.
- (비특허문헌 0081) Boonsrimuang, et al., "Mitigation of non-linear distortion using PTS and IDAR method for multi-level QAM-OFDM system", ECTI Transactions on Computer and Information Technology,

vol. 1, no. 2, November 2005.

- (비특허문헌 0082) Schenk, et al., "The application of spatial shifting for peak-to-average power ratio reduction in MIMO OFDM systems", Proc. 2006 IEEE Vehicular Technol. Conf.
- (비특허문헌 0083) Schenk, et al., "Peak-to-average power reduction in space division multiplexing based OFDM systems through spatial shifting", Electronics Letters, July 21, 2005, vol. 41, no. 15.
- (비특허문헌 0084) Nawaz, et al., "PAPR reduction technique for OFDM systems with rotated MPSK constellations and coordinate interleaving", Proc. 2008 IEEE Symp on Comm. & Veh. Technol.
- (비특허문헌 0085) Van welden, et al., "Clipping versus symbol switching for PAPR reduction in coded OFDM", 15th Annual Symposium of the IEEE/CVT Benelux Chapter, November 13, 2008.
- (비특허문헌 0086) Sharif, et al., "On the peak-to-average power of OFDM signals based on oversampling", IEEE Transactions on Communications, vol. 51, no. 1, January 2003.
- (비특허문헌 0087) Baxley, et al., "Ordered phase sequence testing in SLM for improved blind detection", Proc. 2005 IEEE Conf on Signal Processing Advances in Wireless Communication.
- (비특허문헌 0088) Schurgers, et al., "A systematic approach to peak-to-average power ratio in OFDM", Proc. SPIE vol 4474, p. 454 (2001).
- (비특허문헌 0089) Fischer, et al., "Signal shaping for peak-power and dynamics reduction in transmission schemes employing precoding", IEEE Trans. on Comm., v50, pp.735-741, 5/2002.
- (비특허문헌 0090) Jiang, et al., "Two novel nonlinear companding schemes with iterative receiver to reduce PAPR in multi-carrier modulation systems", IEEE Transaction on Broadcasting, vol. 52, pp. 268-273, June 2006.
- (비특허문헌 0091) Jafari, " Adaptive lattice reduction in MIMO systems", Thesis, University of Waterloo, Canada, 2008.
- (비특허문헌 0092) Pise, et al., "Packet forwarding with multiprotocol label switching" World Academy of Science, Engineering and Technology 12 2005.
- (비특허문헌 0093) Boccardi, et al., "The p-sphere encoder: vector precoding with low peak-power for the MIMO Gaussian Broadcast Channel", IEEE Trans. Comm., vol. 54, p. 1703, Sept. 2006.
- (비특허문헌 0094) Devlin, et al., "Gaussian pulse based tone reservation for reducing PAPR of OFDM signals", 2007 IEEE Vehicular Technol. Conf.
- (비특허문헌 0095) Rajbanshi, et al., "OFDM symbol design for peak-to-average power ratio reduction employing non-data bearing subcarriers", Proc. 2008 IEEE Wireless Communications and Networking Conference, pp. 554-558.
- (비특허문헌 0096) Zhao, "Distortion-based crest factor reduction algorithms in multi-carrier transmission systems", A Dissertation, Georgia Institute of Technology, December 2007.
- (비특허문헌 0097) Rajbanshi, "OFDM-based cognitive radio for DSA networks", Technical Report, The University of Kansas (2007).
- (비특허문헌 0098) Sari, "OFDM peak power reduction techniques performance analysis for WiMAX Systems" Sequans Communications, 4th Annual Wireless Broadband Forum (2005).
- (비특허문헌 0099) Lee et al., "Novel low-complexity SLM schemes for PAPR reduction in OFDM systems", Proc. 2008 IEEE Global Telecommunications Conf GLOBECOM 2008.
- (비특허문헌 0100) Jimenez et al., "Study and Implementation of complementary Golay sequences for PAR reduction in OFDM signals", Proc. 11th Med. Electrotech. Conf. MELECON 2002, pp. 198-203.
- (비특허문헌 0101) Choi, et al., "Peak power reduction scheme based on subcarrier scrambling for MC-

CDMA systems", IEE Proceedings on Communications, vol. 151, pp. 39-43, Feb. 2004.

(비특허문헌 0102) "Peak-to-average power ratio (PAPR)", Wireless Inf. Trans. System Lab., March 2, 2006.

(비특허문헌 0103) Wang, "PAPR reduction for OFDM", circa 2007.

(비특허문헌 0104) Giannopoulos, et al., "Relationship among BER, power consumption and PAPR", 2008 IEEE Int. Symp on Wireless Pervasive Computing, pp. 633-637.

발명의 내용

과제의 해결 수단

- [0023] 상이한 캐리어 주파수들을 갖는 다수의 무선 신호들이 전송되기 위해서 결합될 때에, 동 위상에 있는 피크들이 서로 결합될 가능성이 있기 때문에, 이 결합된 신호의 PAPR(피크 대 평균 전력 비)는 증가할 수 있다. 이로써, 낮은 평균 효율로 동작하는 대형 무선 주파수 전력 증폭기(PA)가 요구될 수 있다. OFDM(직교 주파수 분할 멀티플렉싱된) 채널들이 디지털적으로 결합될 때의 PAPR은 소정의 심볼 기간에 대한 시간 영역 OFDM 신호들을 메모리 버퍼 내에 저장하고 적어도 하나의 OFDM 신호에 대해서 주기적 시간 시프트(time-shift)들을 수행하여서 그 결합된 다중 채널 신호의 저장된 PAPR에 대응하는 시간 시프트를 선택함으로써 저장될 수 있다. 이는 베이스밴드 상의 신호들 또는 업컨버팅된 신호들에 대해서 적용될 수 있다. 시뮬레이션 결과에 따르면, 시스템 성능을 저하시키지 않고서 수 데시벨(dB)의 PAPR이 감소될 수 있음을 알 수 있었다. 또한, 어떠한 부 정보도 수신기에 전송될 필요가 없다.
- [0024] 본 발명에 따른 시스템 및 방법의 바람직한 실시예는 소정의 심볼 기간에 대한 시간 영역 OFDM 신호들을 메모리 버퍼 내에 저장하고 상기 시간 영역 OFDM 신호들 중 적어도 하나에 대해서 주기적 시간 시프트들을 수행하여서 그 결합된 다중 채널 신호의 소망하는 PAPR에 대응하는 시간 시프트를 선택함으로써 PAPR을 제어하고자 한다. 대부분의 경우에, PAPR을 최소치로 저감시키는 것이 바람직하지만, 본 발명은 이로만 한정되는 것이 아니다. 이와 달리, 선택된 시간 시프트는 다른 기준에 기초할 수 있다.
- [0025] 상기 OFDM 신호들 각각은 알려진 방식에 따라서 사전 프로세싱되고 이로써 각 OFDM 신호 자체가 고유 PAPR(intrinsic PAPR)이 저감되도록 프로세싱될 수 있지만, 최적의 비용 및 이점을 얻기 위해서, 상기 OFDM 신호들에 대한 바람직하게는 임의의 사전 프로세싱도 그 결합된 신호들에 대한 프로세싱과 협력 관계에 있을 수 있다. 가령, 각각이 높은 PAPR을 갖는 2 개의 개별 신호들이 결합될 경우에, 피크들이 서로 180 도의 위상 차로 부가되어서 상쇄된다면 감소된 PAPR을 갖는 신호를 얻을 수 있다. 따라서, 입력 OFDM 신호들을 수정하고자 하는 초기의 단독적인 노력들도 어느 정도 한계는 있지만 이점을 가질 수 있다.
- [0026] 본 발명에 따른 시스템은 일반적으로는 통상적으로 서로 간에 협력 관계에 있지 않은 서로 다른 수신기 또는 수신기 세트를 향하게 되어 있는 독립적으로 포맷팅된(formatted) OFDM 신호들을 결합하고자 하는 것이다. 가령, 셀룰러 송수신기 시스템에서, 일 기지국은 각각이 단일 OFDM 브로드캐스트 채널을 모니터링하는 수백 또는 수천 개의 셀 전화들을 서비스할 수 있다. 이 기지국은 다수의 OFDM 채널들을 서비스할 수 있다. 특히, 각 OFDM 서브캐리어 세트는 직교하지만 개별 OFDM 신호들 및 그들의 서브캐리어들은 일반적으로 서로 직교하지 않는다. OFDM 신호들은 서로 인접하거나 변위된 채널들 내에 존재하며 따라서 OFDM 신호들 간의 상대적인 위상 변화가 단일 심볼 기간 동안 발생할 수 있다. 따라서, PAPR은 전체 심볼 기간에 걸쳐서 고려되어야 한다.
- [0027] 본 발명에 따른 방법에 따라서, 최적화를 위해서 분석되는 것은 신호의 PAPR이 아니라 수신기에서 추론된 에러이다. 결합된 신호의 PAPR이 심볼 기간의 오직 작은 부분에 대해서만 높다면, 전력 증폭기는 이 작은 부분의 시간에만 신호를 왜곡하거나 클리핑할 수 있지만, 대부분의 시간 동안에는 상기 결합된 신호는 해당 사양 내의 양호한 상태에 있을 수 있다. 따라서, 해당 전송은 허용 가능한 전송이 될 수 있으며 낮은 에러 확률이 발생할 수 있다. 몇몇 경우에는, 이러한 낮은 에러 확률은 낮은 절대 피크를 갖는 신호의 경우에서보다 낮을 수 있다. 따라서, 특정 수신기들에 대한 특정 통신 채널 손상 및 (가령, 복귀 경로 특성을 분석함으로써 판정될 수 있는) 도플러 시프트들에 대한 마진(margin)을 가능한 편차 범위에 걸쳐서 송신기 신호 프로세싱 경로의 일부로서 자체적으로 포함하는 수신기 모델을 채용함으로써, 간단히 PAPR를 최소화하는 경우에서보다 양호한 성능이 달성될 수 있다.

- [0028] 다른 옵션은 심볼 기간 전체 또는 일부 동안에 가령 IEEE-802 OFDM 표준, WiFi, WiMax, DAB, DVB, 셀룰러 통신, LTE 신호 등과 같은 표준 프로토콜로부터 벗어난 방식이지만 표준 수신기 또는 특정 수신기에서 예상된 BER(비트 에러 레이트)를 실질적으로 증가시키지 않는 방식으로 OFDM 신호를 수정하는 것이다. 가령, PAPR이 심볼 기간의 작은 부분에서 높게 되어서, 심볼 기간의 일부분 동안에 하나 이상의 서브캐리어들이 제거되거나 수정되고, 이로써 PAPR은 허용 가능하게 되며 수신기에서의 신호가 BER를 크게 증가시키지 않고서 표준 수신기를 사용하여 디코딩되기에 충분한 정보를 가질 경우에, 송신기는 복조를 위해서 필요한, 상술한 OFDM 신호 수정을 식별하는 부 정보를 전송할 필요 없이 상술한 OFDM 신호 수정을 구현할 수 있다. 다른 가능한 변형은 주파수 시프트와 균등한 도플러 시프트의 범위 내에서 동작하도록 수신 허용 오차 범위 내에서 (직교성을 약간 위반한) 신호를 주파수 시프트하는 것이다.
- [0029] 도 2에 도시된 바와 같이 결합되는 2 개의 OFDM 신호들을 고려해보자. 단순화를 위해서, 신호 1 (S1)을 기준 신호로 호칭하고 신호 2 (S2)을 수정된 신호로 칭하자. 각 OFDM 심볼 기간 동안에, 각 신호에 대한 베이스밴드 디지털 데이터 비트들이 메모리 내에 저장될 것이다. 프리앰블은 제거되었지만 CP(cyclic prefix)는 남아 있다고 가정하자. 본 발명의 일 실시예에 대한 것인 도 3에 도시된 바와 같이, 기준 신호(S1)의 비트들이 FIFO(first-in first-out:선입선출) 시프트 레지스터(SR)에 저장된다. 수정된 신호(S2)의 대응하는 비트들이 CSR(circular shift register) 내에 저장된다. CSR은 그 내에 포함된 데이터들이 프로그램 제어 하에서 회전할 수 있도록 구성된다. 디지털 포맷이 디지털 데이터 레이트에 비해서 증가된 샘플링 주파수로 유지되면서, 기준 신호 및 수정된 신호의 데이터들이 중간 주파수(IF)로 업컨버팅되고 이어서 결합된다(부가된다). 이어서, 결합된 IF 신호들은 PAPR 테스트를 받으며, 이로써, 피크 전력 레벨이 허용 가능한 지의 여부가 판정된다. 다른 실시예에서는, 다른 기준이 만족되는 지가 판정된다. 그 결과는 가령 9 dB의 PAPR에 상당할 수 있다. 테스트를 통과하였으면, 결합된 OFDM 심볼들의 데이터 비트들이 판독되고 이어서 전체 OFDM 프레임 내로 재결합되고 완전한 RF로 업컨버팅되어서 전력 증폭기에 의해서 증폭되어서 전송된다. 다른 실시예에 따라서, 결합된 데이터의 결합된 OFDM 표현 자체가 업컨버팅을 위한 소스가 될 수 있다.
- [0030] 보다 일반적으로 말하자면, 소망하는 기준을 달성하는 파라미터 정보(상대적 시간 시프트)가 판정되면, 상기 파라미터 정보 또는 베이스밴드 신호의 디지털 데이터 비트이거나 베이스밴드 신호의 변환된 형태일 수 있는 최종 생성된 표현에 기초하여서 최종 신호가 형성된다. 후자의 경우에, 즉, 최종 생성된 표현에 기초하여서 최종 신호가 형성되는 경우에, 시스템은 그 데이터에 대해서 일련의 변환들을 수행한다. 이러한 일련의 변환들 중 몇몇은 사용하지 않은 여분의 변환이거나 실패한 변환일 수 있다. 이러한 변환들을 수행하여서 허용 가능한 것 또는 최적의 것을 찾는다. 일단 허용 가능한 것 또는 최적의 것이 발견되면, 이러한 일련의 변환들을 다시 반복할 필요가 없다. 마찬가지로, 선택 사양적으로 최초의 디지털 데이터로 복귀하여서 결정된 일련의 변환들을 반복하면, 다소 상이한 표현이 레지스터 내에서 형성될 것이다. 가령, 이러한 표현은 결합 테스트에서 아날로그 구성 요소 성능 문제가 고려될 수 있도록 단순화되거나 사전왜곡(predistort)될 수 있다.
- [0031] 더 일반적으로 말하자면, 본 발명에서는, 증분적으로, 알고리즘 방식으로, 랜덤(random) 방식으로 또는 이와 다른 방식으로 변할 수 있는 하나 이상의 허용 가능한 파라미터들의 범위가 결합될 각 신호에 제공된다. 이어서, 가능한 OFDM 신호 결합들 중 적어도 일부가 하나 이상의 기준에 부합하는지에 대하여 테스트 및/또는 분석된다. 이어서, 결합된 OFDM 신호들이 보다 큰 가용한 파라미터 세트로부터 선택된 파라미터를 사용하여서 구현된다. 이러한 파라미터 변경 및 테스트는 초전도 로직과 같은 고속 디지털 회로로 직렬 방식으로 수행되거나 필요하다면 병렬화 기능을 갖는 저속 로직을 사용하여서 수행될 수 있다. 그러나, 다음으로 한정되지 않지만 광학적 컴퓨터, 프로그램 가능한 로직 어레이, 초병렬 컴퓨터(가령, nVidia Tesla® GPU, ATI Radeon R66, R700과 같은 그래픽 프로세서들) 등을 포함하는 다른 기술들이 적합하거나/하고 필요하다면 사용될 수 있다. 가령, 아주 많은 수의 독립 수신기들이 송신기 최적화의 일부로서 모델링되는 경우와 같이, 특정 고속 프로세서를 많이 사용하는 매우 많은 수의 복잡한 계산의 경우에는 초전도 디지털 회로를 사용하는 것이 유리할 수 있다.
- [0032] 바람직한 실시예들에서, 파라미터 범위에 걸친 테스트의 임의의 상태에서, 테스트가 통과되지 않으면, 제어 신호가 가령 CSR와 같은 레지스터에 제공되며, 이 레지스터는 수정된 신호(S2)의 데이터 비트들을 회전시킨다. 이어서, 시프트된 데이터가 이전과 같이 신호(S1)로부터의 초기에 저장된 데이터와 결합되고 이어서 PAPR이 재테스트된다. 이는 PAPR 테스트가 통과될 때까지 반복된다. 유사한 단계들의 순서가 도 4에 도시되어 있다. 도 4에서는, 프리앰블을 제거하고 프리앰블을 단부에 다시 붙이는 동작이 명시적으로 나타나 있다. 몇몇 경우에, 테스트들은 병렬로 이루어질 수 있으며 이로써 엄밀하게 말하여서 반복적인 테스트는 필요하지 않게 된다. 이로써, 비록 복잡도가 높지만 저속 테스트 로직이 사용될 수 있다. 마찬가지로, 각 상대적 시간 시프트에서, 부수적인 파라미터가 또한 고려될 수 있다.

- [0033] 가령, 최적 결합을 위한 부수적인 고려 사항은 대역 내(필터링 불가능한) 혼변조 왜곡(intermodulation distortion)일 수 있다. 따라서, 각 기본적인 파라미터 변경 시에, 가령 전력 및/또는 추론된 BER로 표현되는 예측된 대역 내 혼변조 왜곡은 계산될 수 있다. 이러한 고려 사항은 가령 임계치를 부여하거나 간단한 선형 결합 "비용 함수"를 최적화함으로써 허용 가능한 PAPR 범위 내에서 PAPR에 병합될 수 있다.
- [0034] 이러한 SAA(Shift-and-Add) 프로세스에서 어느 정도 지연이 존재하지만, 전체 반복을 포함하여서 전체 결정 알고리즘 시간은 확장된 심볼 기간 $T + \Delta T$ 를 초과하지 말아야 한다. 도 3 및 도 4에서 직렬 결정 프로세스를 기술하였다. 상술한 바와 같이, 몇몇 경우에, 이러한 프로세스의 일부를 상이한 시프트를 갖는 다수의 CSR 및 다수의 병렬 PAPR 테스트를 사용하여 병렬로 수행하여서 프로세스를 보다 신속하게 완료하는 것이 바람직할 수 있다. 이러한 바가 도 5에 도시되어 있다. 도 5는 각각이 적합한 시간 시프트를 갖는 병렬 메모리들(본 도면에서는 RAM들로 도시됨)을 나타내고 있으며, 최소 PAPR이 RF 서브시스템으로 전송되기 위해서 선택된다. 회로 속도와 복잡도 간의 최적의 절충에 따라서 바람직한 구성이 결정될 수 있다.
- [0035] 몇몇 상황에서는, 최적의 결합된 신호를 탐색하기 위해서 광대한 양의 계산 자원들이 필요하다. 사실상, 허용 가능한 결과를 달성하면서 탐색량을 한정하기 위해서 귀납적인 방법이 사용될 수 있다. PAPR 최적화의 경우에, 일반적으로 그 목적은 한정된 개수의 낮은 확률의 "최악의 경우의" 심볼 결합에 대하여서 테스트하는 것이다. 로우 디지털 데이터(raw digital data)가 입수되면, 룩업 테이블이 사용되어서 불량한 결합에 대한 테스트가 수행된다. 이어서, 사전 결정된 수정 사항에 따라서 이 불량한 결합이 처리될 수 있다. 그러나, 복잡한 심볼들이 다중 방식으로 결합된 경우에는, 이러한 룩업 테이블은 사용할 수 없다. 한편, 개별 OFDM 파형 각각이 가령 평균보다 6 dB 이상인 피크에 대해서 탐색될 수 있다. 오직 신호 중 이러한 부분만이 분석되어서 다른 OFDM 신호들의 피크들과 일시적으로 정렬되는지의 여부가 판정될 수 있다. 피크들이 서로 일시적으로 동기화되지 않는다면, 허용 불가능한 피크가 최종 결합된 신호를 생성하지 않았을 것이라고 가정할 수 있다. 이 방법은 통계적으로 허용 가능해야 하는 가정을 한다. 즉, 그 자체가 상대적인 피크들인 OFDM 파형의 일부분들만이 결합된 OFDM 신호의 큰 피크에 기여할 것이라는 가정이다. 이 방법은 순차적으로 파라미터를 변경한 결과를 직렬로 테스트하는 동작을 피하고 이진 임계 조건이 최악의 경우로 중첩하는 바도 간단하게 피할 수 있다.
- [0036] 수정된 신호에 대하여 순환적으로 시프트된 심볼 데이터는 시프트되지 않은 데이터와 정확하게 동일한 심볼 세트를 표현한다는 것을 주목할 필요가 있다. 또한, OFDM 신호들의 표준 특성으로 인해서, 시프트된 심볼 세트는 어떠한 특별한 부 정보도 필요 없이 신호 무결성이 전혀 저하되지 않으면서 전송 및 수신될 수 있다. 따라서, 감소된 PAPR을 갖는 결합된 OFDM 채널들은 최초의 시프트되지 않은 버전과 본질적으로 동일한 성능을 발휘하여야 한다. 이를 확인하는 세부적인 시뮬레이션 세트가 다음의 상세한 설명 부분에서 기술될 것이다.
- [0037] 상기 도면들은 2 개의 OFDM 채널들을 결합할 시에 PAPR을 감소시키는 경우에 초점을 두었지만, 본 방법은 2 개의 채널들로 한정되지 않는다. 3 개 이상의 채널들이 유사한 방법의 순환적 시간 시프팅에 의해서 최적화되고, 이어서 PAPR 테스트가 수행될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0038] 도 1A 및 도 1B는 주파수 영역 및 시간 영역에서 직교 주파수 분할 멀티플렉싱된 채널(OFDM 채널)의 통상적인 거동을 나타낸다.
- 도 2는 송신기에서 이중 업컨버팅 방식을 사용하여 2 개의 OFDM 채널들을 결합하는 바를 나타내고 있다.
- 도 3은 2 개의 OFDM 채널이 결합되는 방식을 나타내는 간단한 블록도로서, PAPR(피크 대 평균 비)를 감소시키기 위해서 일 OFDM 채널의 데이터 비트들이 주기적으로 시프트된다.
- 도 4는 2 개의 OFDM 채널의 구조를 나타내며, PAPR을 저감시키기 위해서 일 OFDM 채널의 데이터가 주기적으로 시프트된다.
- 도 5는 OFDM 채널로부터의 데이터의 다수의 시프트된 복제 데이터를 메모리에 저장하고 PAPR을 최소화할 수 있는 하나의 복제 데이터를 선택하는 바를 나타내는 블록도이다.
- 도 6은 송신기 내에 SAA(shift and add) 알고리즘을 포함하는 시뮬레이션되는 통신 시스템의 블록도이다.
- 도 7은 도 6에 도시된 시뮬레이션을 위해서 송신기 내에 포함된 전력 증폭기의 전달 함수를 나타내고 있다.

도 8은 QPSK(quadrature phase-shift keying) 변조에 대해서 SAA 알고리즘을 적용하였을 때와 적용하지 않았을 때의 BER 성능을 SNR(신호 대 잡음 비) 함수로서 나타내고 있는 시뮬레이션 그래프이다.

도 9는 16-QAM(16 quadrature amplitude modulation)에 대해서 SAA 알고리즘을 적용하였을 때와 적용하지 않았을 때의 BER 성능을 SNR(신호 대 잡음 비) 함수로서 나타내고 있는 시뮬레이션 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0039] OFDM 채널들은 각각이 협대역 신호인 다수의 서브채널로 구성된다(도 1A 및 도 1B 참조). OFDM 채널 그 자체는 시변 인벨로프(time-varying envelope)를 가지며 통상적으로 9 내지 10 dB의 실질적 PAPR을 나타낼 수 있다. 그러나, 2 개의 개별 OFDM 채널들이 결합되면, 이로써 생성되는 신호는 3 dB 이득의 경우에 12 내지 13 dB의 PAPR을 나타낼 것이다. 이러한 PAPR 값은 평균으로 하면 오직 2 배만큼 큰 전송 용량으로 전송할 수 있는 결합 신호를 전송하기 위해서 4 배만큼이나 큰 용량을 갖는 전력 증폭기를 요구하기 때문에 허용 불가능할 정도로 크다.
- [0040] 따라서, 본 발명의 바람직한 실시예는 2 개의 OFDM 채널의 결합된 신호의 PAPR을 12 내지 13 dB에서 최초의 성분들의 9 내지 10 dB로 줄이는 PAPR 저감 방법을 제공한다. 이러한 3 dB만큼의 PAPR 감소는 바람직하게는 신호의 품질을 저하시키지 않고 또한 수신기가 OFDM 심볼들을 복구하는데 필요할 임의의 특정 부 정보도 전송할 필요 없이 달성된다. 또한, PAPR 저감 방법은 충분히 신속하기만 하면 임의의 하드웨어 기술로도 구현될 수 있을 만큼 충분히 간단하다.
- [0041] 종래의 PAPR 저감 방법들은 서브채널들을 결합하여서 높은 PAPR을 가지지 않는 단일 OFDM 채널을 생성하는데 초점을 두고 있다. 본 발명은 어떤 측면에서 PTM(partial transmit sequence) 및 SLM(selected Mapping)의 결합으로서 생각될 수 있다.
- [0042] 통상적인 PTS에서, N 개의 심볼들로 된 입력 데이터 블록이 분리된 서브블록들로 분할된다. 각 서브블록 내의 서브캐리어들은 해당 서브블록에 대한 위상 요소(phase factor)만큼 가중치 처리된다. 결합된 신호의 PAPR이 최소화되도록 위상 요소들이 선택된다.
- [0043] SLM 방식에서, 송신기는 모두가 최초의 데이터 블록과 동일한 정보를 나타내는 서로 간에 충분히 상이한 후보 데이터 블록들로 구성된 세트를 생성하고, 전송을 위해서 최적의 후보 데이터 블록(신호 품질 저하가 없는 최저의 PAPR을 갖는 후보 데이터 블록)을 선택한다.
- [0044] 본 발명의 혼성 방식은 결합된 캐리어 변조된 신호들을 위해서 PTS 요소 및 SLM 요소를 결합시킨다. 오버샘플링된 OFDM 파형의 다양한 주기적 시간 시프트들이 탐색되고, 최저의 PAPR을 갖는 시간 시프트가 선택된다. PTS 방식과 유사한 방식으로, 하나의 OFDM 신호는 기준으로서 사용되고 다른 캐리어 변조된 신호(들)는 시간 시프트들을 생성하는데 사용된다. 탐색 윈도우는 사이클릭 프리픽스(CP) 길이 및 오버샘플링 레이트에 의해서 결정된다.
- [0045] 시프트들의 가능한 결합들의 위상 공간은 크게 증가하지만, 이러한 모든 결합들을 탐색할 필요는 없을 것이다. 일반적으로, 매우 높은 값을 갖는 PAPR은 상대적으로 거의 발생하지 않으므로, 높은 PAPR 상태에서 시작하는 대부분의 시간 시프트들은 PAPR 감소로 이어지는 경향이 있다. 다수의 채널들에서의 시프트들은 순차적으로 또는 병렬로 또는 이들의 몇몇 조합으로 해서 구현될 수 있다. 이로써, 가령, 허용 가능한 범위 내에 있는 PAPR을 갖는 임의의 결합도 허용 가능하게 되며, 임의의 허용 불가능한 PAPR 상태는 심볼 기간의 1 %의 시간에 발생하고, 허용 가능한 PAPR를 찾기 위해서 탐색되는 탐색 공간은 일반적으로 가능한 상태의 2 % 미만일 것이다. 한편, 다른 허용 가능성 판단 기준이 채용되면, 더 큰 탐색 공간이 필요하거나 적절할 것이다. 가령, 높은 PAPR 신호를 전송하기 위해서 더 많은 비용이 든다고 가정하면, 가령, 전력 비용 또는 간섭 비용이 더 든다고 가정하면, 형식적 최적화(formal optimization)가 적합할 수 있다. 최적 상태를 예측하는데 있어서 어떠한 귀납적 방법도 사용하지 않는다면, 비용이 최소화되도록 파라미터 공간 전체를 탐색하는 것이 적합할 수 있다.
- [0046] 이러한 방식은 상이한 OFDM 채널들은 서로 독립적이고 개별 전송 체인을 가지며 서로 동기화되지 않는 종래 방식과는 상이하다. 또한, 종래 방식은 베이스밴드 신호에 대해서 직접적으로 이루어졌다. 이와 반대로, 본 발명에 따른 방법에서는, 2 개 이상의 OFDM 채널들을 포함하는 업컨버팅된 결합된 신호에 대해서 PAPR을 평가하고, 이러한 OFDM 채널들 각각에 대한 심볼 기간들은 서로 동기화되어야 한다. 이로써, 각 채널이 독립적으로 수신 및 클럭킹되는 수신기들에서 문제들이 야기되지 않는다.
- [0047] PAPR을 다루고 있는 몇몇 종래 방식은 클리핑(clipping)에 기반을 두고 있지만 이러한 방식에서는 왜곡 및 대역 외 생성이 반드시 발생하게 되어 있다. 몇몇 다른 종래 방식들은 이러한 왜곡을 피할 수는 있지만 수신단에서

디코딩되어야 하는 특정 변환들을 요구하고 있다. 이러한 종래 방식들은 부 정보 전송을 요구하거나 표준 OFDM 통신 프로토콜을 따르지 않을 수 있다. 본 발명에 따른 방식은 이러한 단점을 어느 것도 가지지 않는다.

- [0048] 셀룰러 통신에서 사용되는 OFDM 채널들은 10 MHz 또는 20 MHz에 달하는 대역폭을 가질 수 있다. 그러나, 이러한 채널들은 2.5 GHz 내지 2.7 GHz와 같은 매우 넓은 주파수 대역 내에 위치할 수 있다. 따라서, 각각이 10 MHz의 대역폭을 가지면서 서로 100 MHz 이상 이격되어 있는 2 개 이상의 OFDM 채널들의 결합을 가질 수 있다. 10 MHz 디지털 베이스밴드 신호는 20 MS/s 정도의 낮은 레이트로 샘플링되지만, 100 MHz를 커버하는 결합된 디지털 신호는 최소 200 MS/2의 레이트로 샘플링되어야 한다.
- [0049] 바람직한 실시예에서, (도 3에서의 업컨버팅을 포함하는) 신호 결합 동작은 증대된 샘플링 레이트로 해서 디지털 영역에서 수행된다. PAPR 임계치 테스트 및 CSR 제어도 또한 더 높은 레이트로 해서 구현된다. 이러한 레이트는 다수의 반복 동작이 단일 심볼 기간(수 마이크로초) 내에 수행될 수 있도록 충분히 빨라야 한다.
- [0050] 순환적 시간 시프트(circular time shift)에 의해서 시스템 성능이 저하되지 않고서 결합된 OFDM 채널들의 PAPR이 저감될 수 있음을 입증하기 위해서, OFDM 전송 및 수신에 대하여 전 대역 Monte-Carlo 시뮬레이션이 수행되었다. 이 시뮬레이션의 블록도가 도 6에 요약되어 있다. 도 6에서는, "SAA 평가 테스트 벤치(evaluation test bench)"가 나타나 있으며, 송신기가 PAPR을 저감시키기 위해서 SAA 알고리즘을 거친 주파수 F_1 및 F_2 의 OFDM 신호들을 결합한다. 수신단에서, 이 결합된 신호는 다운컨버팅되고 주파수 F_2 의 신호가 표준 OFDM 수신기를 사용하여 복구된다. 나아가, 적합한 AWGN(Additive White Gaussian Noise)가 이 채널에 추가된다. 또한, 이 시뮬레이션은 (도 7에 나타난 바와 같은) 포화 상태에 근사한 선형으로부터의 편차를 나타내는, 거의 선형의 전력 증폭기(PA)에 대한 실제적 전달 함수를 포함한다.
- [0051] PAPR BER(비트 에러 레이트) 시뮬레이션에서의 파라미터들은 다음과 같은 것들이 있다. 각 패킷은 사용된 변조 타입에 따라서 여러 개의 OFDM 심볼 기간들에 걸쳐서 변조되는 800 바이트 정보를 포함한다. QPSK(quadrature phase-shift keying) 변조 및 16-QAM(16-quadrature amplitude modulation)이 모두 검사된다. 250 개의 패킷 에러가 발생할 때까지 각 SNR 포인트는 지속된다. 사이클릭 프리픽스는 총 심볼 기간의 1/8로 설정된다. 주파수 F_1 및 F_2 의 캐리어들은 그들의 스펙트럼이 중첩하지 않도록 충분히 이격되어 있다. 오버샘플링 레이트는 8 배이다. 마지막으로, 매우 급한 롤오프(sharp rolloff)를 가지며 샘플링 주파수 $F_s = 160$ MHz를 가지고 주파수 컷오프 $F_c = 24$ MHz를 갖는 올림 코사인 필터(raised cosine filter)가 사용되었다. 결합된 OFDM 채널들에 대하여 약 9 dB의 PAPR 임계치가 사용되었다.
- [0052] 도 8은 QPSK 변조에 대해서 SAA 알고리즘을 적용하였을 때와 적용하지 않았을 때의 BER 성능을 (AWGN 전력을 변화시키는) SNR(신호 대 잡음 비) 함수로서 나타내고 있다. 도 9는 16-QAM 변조에 대해서 SAA 알고리즘을 적용하였을 때와 적용하지 않았을 때의 BER 성능을 (AWGN 전력을 변화시키는) SNR(신호 대 잡음 비) 함수로서 나타내고 있다. 두 경우 모두, BER이 제로 시프트 곡선으로부터 거의 저하되지 않았음을 알 수 있다.
- [0053] 정량적으로 보게 되면, SAA 알고리즘을 적용하였을 경우에 순 성능 개선 정도는, BER 플롯으로부터 유추할 수 있는 바와 같이, QPSK 변조의 경우에 2.35 dB이며 16-QAM 변조의 경우에는 2.9 dB이다. 가령, SAA(shift and add) 알고리즘을 적용하지 않았을 경우에, BER은 8.5 dB의 (전력 증폭기에 대한) 입력 백오프(backoff)에서 0.03의 오류 마루(error floor)를 나타내는데 반면에, 6.5 dB의 SAA를 적용하면 BER은 동일한 0.03의 오류 마루를 나타낸다. 따라서, SAA 알고리즘을 적용함으로써 달성되는 성능 개선 정도는 $8.5 - 6.5 = 2$ dB이다.
- [0054] 이러한 시뮬레이션으로부터, SAA 알고리즘이 결합된 OFDM 채널에서의 PAPR을 3 dB 만큼 저감시켰을 뿐만 아니라 이러한 PAPR 감소는 신호 품질을 저하시키지 않고 변환에 대한 어떠한 특정 부 정보도 전송 신호 내에 포함시켜서 전송할 필요 없이 이루어질 수 있음을 확인할 수 있다.
- [0055] 본 발명의 일 바람직한 구현에는 시프트 레지스터 메모리, 디지털 업컨버팅 및 임계치 테스트를 위한 블록들을 갖는 고속 FPGA(field programmable gate array)를 사용하여서 구현될 수 있다. 이와 달리, RSFQ(rapid single flux quantum) 초전도 회로와 같은 초고속 디지털 기술이 사용될 수 있다. 결합되는 OFDM 채널들의 개수가 증가할수록, 알고리즘 속도를 증가시키거나 아니면 프로세싱의 일부를 병렬로 실행할 필요가 있다.
- [0056] 본 발명에 따른 방법은 전송될 다수의 채널들이 사용자 요구 사항 및 가용한 대역폭에 따라서 동적으로 재할당되는 무선 인지 기술을 따르는 재구성 가능한 시스템에도 적용될 수 있다. 전송되는 채널의 수 및 이들에 대한 주파수 할당 사항은 전적으로 소프트웨어로 수행되는 제어 하에서 변할 수 있다. 모든 채널들이 동일한 일반적인 심볼 프로토콜 및 타이밍을 따르면, 유사한 SAA(shift and add) 알고리즘 세트를 적용하여서 효율적인 전송

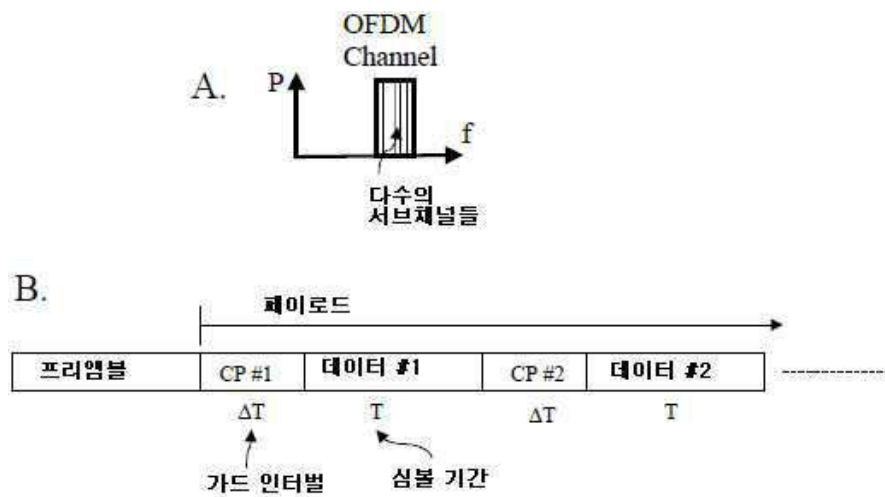
을 위해서 PAPR을 유지시킬 수 있다.

[0057]

본 발명에 대한 전술한 설명은 본 기술 분야의 당업자가 본 발명을 실시하거나 사용하도록 하기 위해서 제공되었다. 이러한 본 발명에 대한 다양한 수정들이 본 기술 분야의 당업자에게는 쉽게 명백해질 것이며 본 명세서에서 규정된 전반적인 원리들은 본 발명의 사상 또는 범위를 이탈하지 않고서 다른 변형들에도 적용될 수 있다. 따라서, 본 발명은 본 명세서에서 기술된 설계 및 실례들로만 한정되는 것이 아니라, 본 명세서에서 개시된 원리 및 신규한 특징들에 부합되는 가장 넓은 범위가 본 발명에 부여될 수 있다. 따라서, 본 발명의 범위는 다음의 청구 범위에 의해서 규정된다.

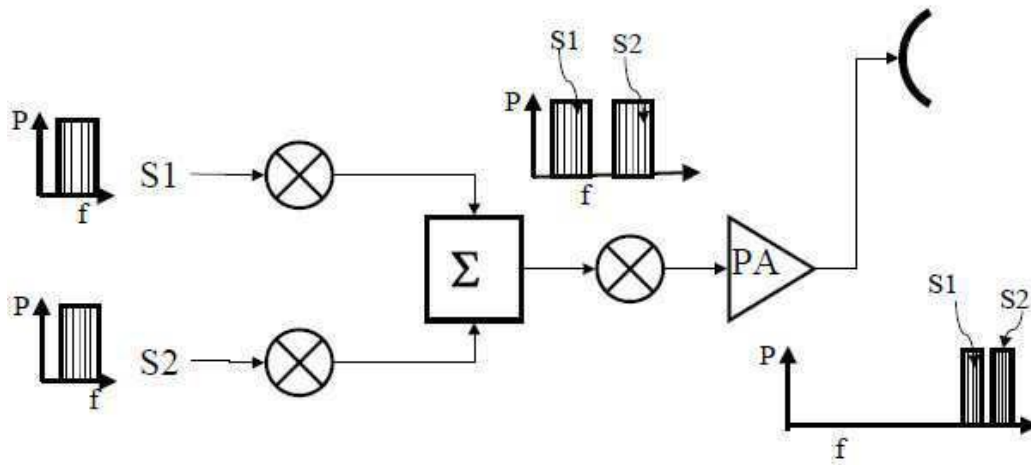
도면

도면1



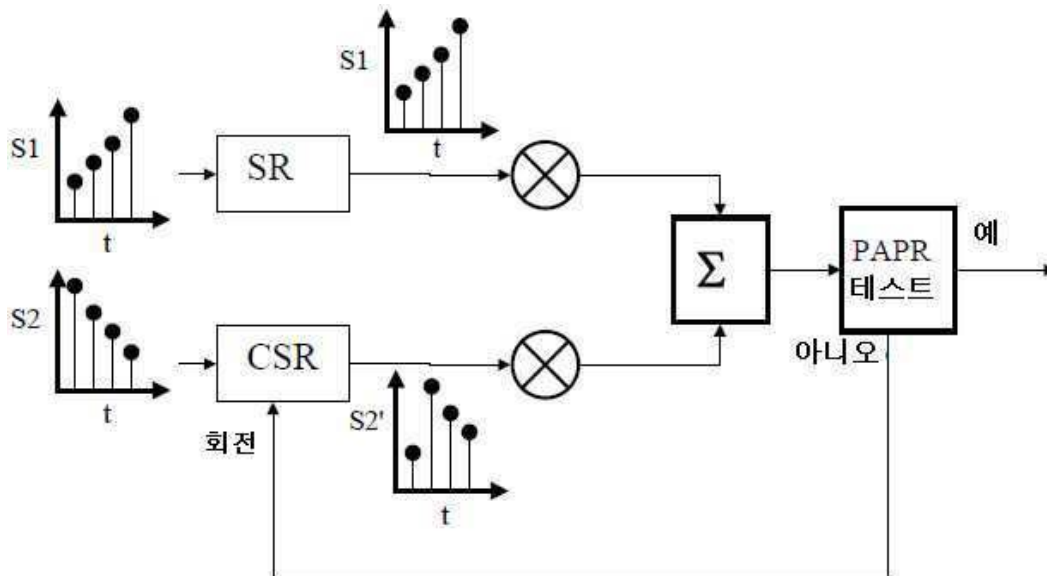
종래기술

도면2

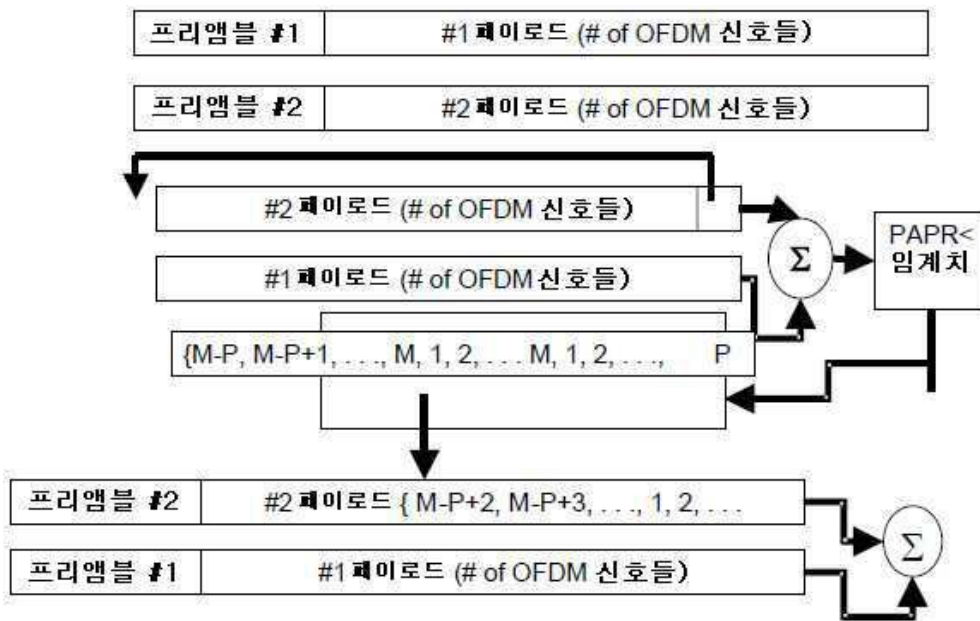


중래 기술

도면3

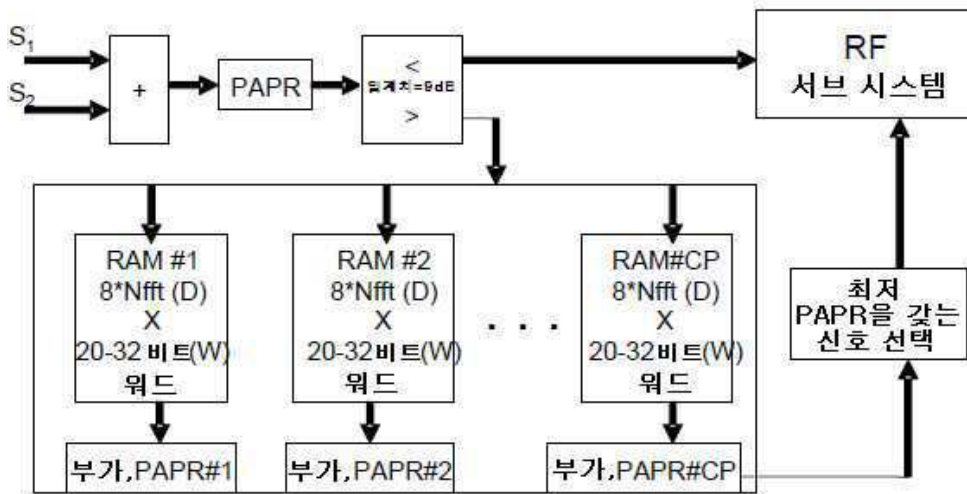


도면4

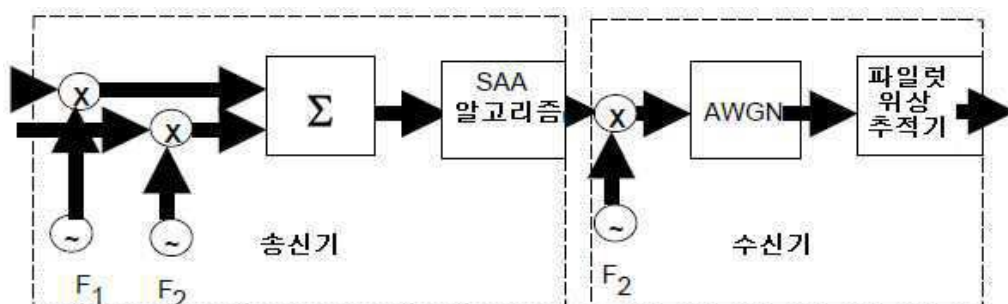


도면5

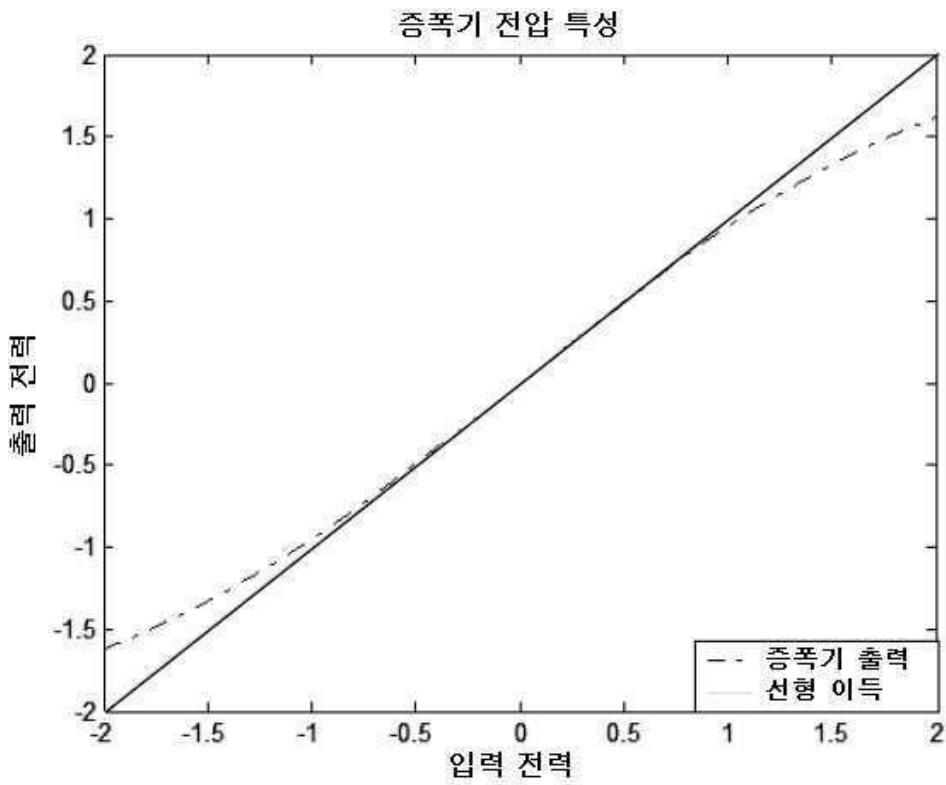
시프트 및 가산(SAA) 기능 블록도



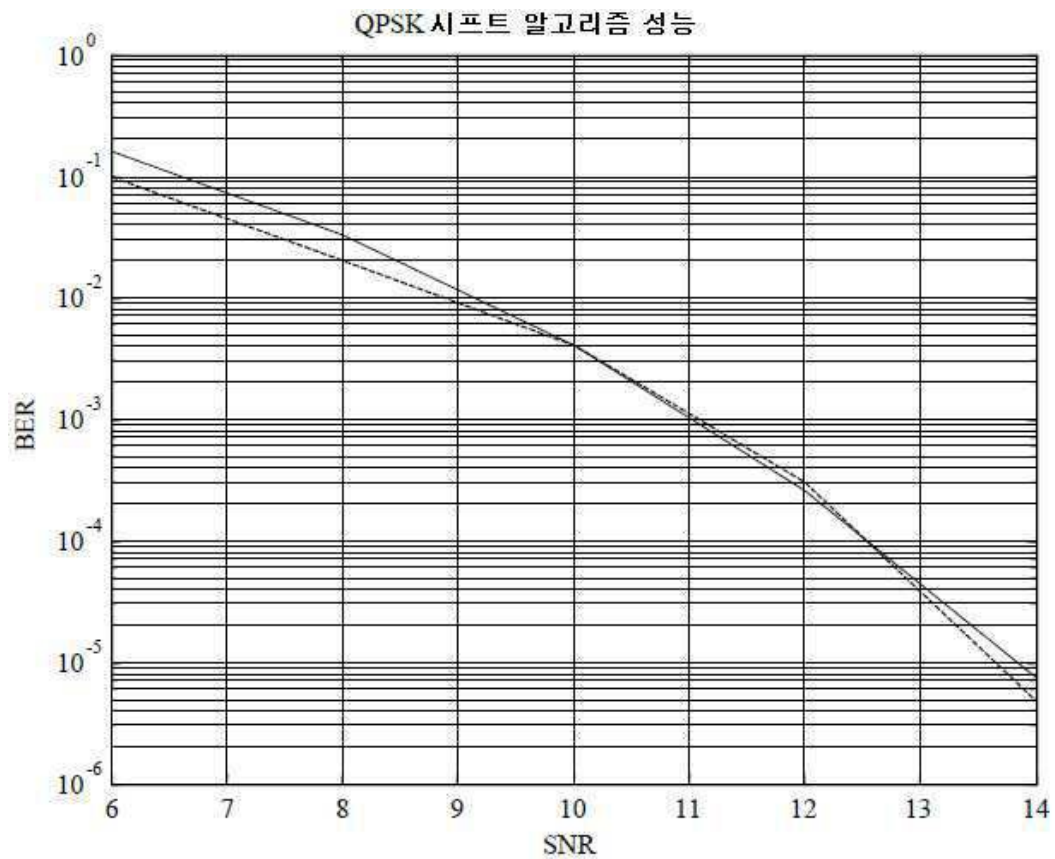
도면6



도면7



도면8



도면9

