



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년06월10일

(11) 등록번호 10-2673458

(24) 등록일자 2024년06월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 $H04L\ 27/26$  (2006.01)  $H03F\ 1/32$  (2006.01)  
 $H03F\ 3/24$  (2006.01)  $H04B\ 7/06$  (2017.01)  
 (52) CPC특허분류  
 $H04L\ 27/2623$  (2013.01)  
 $H03F\ 1/3282$  (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2018-7021825  
 (22) 출원일자(국제) 2016년12월22일  
 심사청구일자 2021년12월07일  
 (85) 번역문제출일자 2018년07월27일  
 (65) 공개번호 10-2018-0099808  
 (43) 공개일자 2018년09월05일  
 (86) 국제출원번호 PCT/US2016/068174  
 (87) 국제공개번호 WO 2017/116929  
 국제공개일자 2017년07월06일

(30) 우선권주장  
 62/272,269 2015년12월29일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌  
 JP2011166725 A\*  
 (뒷면에 계속)

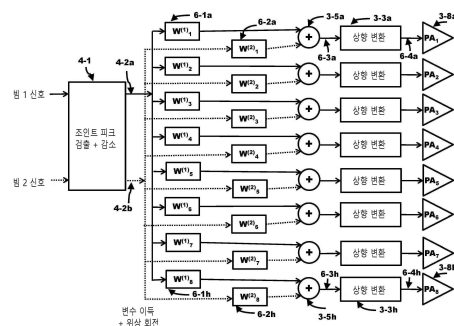
전체 청구항 수 : 총 23 항

심사관 : 김성태

(54) 발명의 명칭 다중 빔 크레스트 팩터 감소

**(57) 요약**

빔 신호들에 사용하기 위한 시스템으로서, 상기 시스템은: 입력들 및 대응하는 출력들을 갖는 파고율 감소(crest factor reduction, CFR) 모듈 - 상기 각각의 입력들은 빔 신호들의 대응하는 상이한 빔 신호를 수신하기 위한 것이고, 상기 각 출력은 상기 복수의 입력들의 상이한 입력에 대응하고 복수의 CFR 조정된 신호들(CFR-adjusted signal)의 상이한 CFR 조정된 신호를 출력하기 위한 것이고, 복수의 CFR 조정된 신호들의 각각의 CFR 조정된 신호는 복수의 빔 신호들의 상이한 빔 신호에 대응함 - 을 포함하고; 및 상기 CFR 모듈의 출력들에 연결된 송신기를 포함하고, 상기 CFR 모듈은 상기 복수의 CFR 조정된 신호를 생성하기 위해 상기 빔 신호들에 대한 파고율 감소를 수행하도록 구성되고, 상기 빔 신호들에 대해 수행된 파고율 감소는 상기 빔 신호들 중 다중 빔 신호들의 크기의 가중된 합에 기반한다.

**대표도**

(52) CPC특허분류

**H03F 3/24** (2013.01)

**H04B 7/0615** (2013.01)

**H03F 2200/336** (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

US20120093209 A1\*

WO2014182143 A1\*

KR1020160074551 A

KR1020110104499 A

KR1020200031084 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

시스템으로서, 상기 시스템은:

복수의 입력들 및 대응하는 복수의 출력들을 갖는 파고율 감소(crest-factor reduction, CFR) 모듈을 포함하고, 상기 복수의 입력들의 각각의 입력들은 복수의 빔 신호들로부터 대응하는 상이한 빔 신호를 수신하기 위한 것이고 - 각각의 빔 신호들은 복소 빔 신호임 - ,

상기 복수의 출력들의 각 출력은 상기 복수의 입력들의 상이한 입력에 대응하고, 그리고

상기 각 출력은 복수의 CFR 조정된 신호들(CFR-adjusted signal)의 상이한 CFR 조정된 신호를 출력하기 위한 것이고 - 복수의 CFR 조정된 신호들의 각각의 CFR 조정된 신호는 복수의 빔 신호들의 상이한 빔 신호에 대응함 - ,

상기 시스템은 복수의 빔들 중 상이한 빔들을, 상기 복수의 CFR 조정된 신호들의 각각의 CFR 조정된 신호로부터, 생성하도록 구성된 위상 어레이를 더 포함하고,

상기 CFR 모듈은 상기 복수의 CFR 조정된 신호를 생성하기 위해 상기 복수의 빔 신호들에 대한 파고율 감소를 수행하도록 구성되고,

상기 복수의 빔 신호들에 대해 수행된 파고율 감소는 상기 복수의 빔 신호들 중 다중 빔 신호의 크기의 가중된 합에 기반하는, 복수의 빔 신호들에 사용하기 위한 시스템.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 CFR 모듈은 상기 복수의 빔 신호들 중 다중 빔 신호들의 크기의 가중된 합을 사용하여 상기 복수의 빔 신호들의 빔 신호들의 크기를 감소시키는 때를 결정하도록 구성되는, 복수의 빔 신호들에 사용하기 위한 시스템.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 위상 어레이는 상기 CFR 모듈의 복수의 출력들에 접속된 송신기를 포함하고, 상기 송신기는:

상기 CFR 모듈의 복수의 출력들의 대응하는 상이한 출력들에 각각 전기적으로 결합되고, 상기 출력에 대해 상기 CFR 조정된 신호로부터 유도된 신호를 상향 변환하기 위한 복수의 상향 변환 모듈들(up-conversion modules);

상기 복수의 상향 변환 모듈들로부터의 신호들을 결합하고 결합된 신호를 생성하는 결합기(combiner); 및

상기 결합기의 출력에 전기적으로 결합되는 전력 증폭기(power amplifier)를 포함하는, 복수의 빔 신호들에 사용하기 위한 시스템.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 전력 증폭기는 출력을 가지고, 상기 위상 어레이는 상기 전력 증폭기의 출력에 전기적으로 연결된 안테나를 더 포함하는, 복수의 빔 신호들에 사용하기 위한 시스템.

#### 청구항 5

제 2 항에 있어서, 상기 복수의 빔 신호들에 대해 수행된 상기 파고율 감소는 상기 복수의 빔 신호들 중 모든 빔 신호들의 크기의 가중된 합에 기반하는, 복수의 빔 신호들에 사용하기 위한 시스템.

#### 청구항 6

제 2 항에 있어서, 상기 복수의 빔 신호들 중 모든 상기 빔 신호들의 크기의 가중된 합은 상기 복수의 빔 신호

들 중 모든 상기 빔 신호들의 크기의 합인, 복수의 빔 신호들에 사용하기 위한 시스템.

#### 청구항 7

제 2 항에 있어서, 상기 CFR 모듈은 복수의 좌표 변환 모듈들을 포함하고, 상기 복수의 좌표 변환 모듈들의 각각의 좌표 변환 모듈은 상기 복수의 입력들의 상이한 대응 입력에 결합되고, 상기 입력을 통해 수신된 빔 신호의 크기를 결정하기 위한 것인, 복수의 빔 신호들에 사용하기 위한 시스템.

#### 청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 CFR 모듈은 복수의 곱셈기들을 더 포함하고, 상기 복수의 곱셈기들의 각각의 곱셈기는 대응하는 상이한 좌표 변환 모듈에 결합되는, 복수의 빔 신호들에 사용하기 위한 시스템.

#### 청구항 9

제 5 항에 있어서, 상기 CFR 모듈은 상기 복수의 좌표 변환 모듈들 각각의 좌표 변환 모듈로부터 유도된 신호들을 가산하여 상기 복수의 빔 신호들의 모든 빔 신호들의 크기의 가중된 합을 생성하는 가산기를 더 포함하는, 복수의 빔 신호들에 사용하기 위한 시스템.

#### 청구항 10

제 5 항에 있어서, 상기 CFR 모듈은 상기 복수의 빔 신호들의 모든 빔 신호들의 크기의 가중된 합이 미리 결정된 임계치를 초과할 때를 검출하기 위한 피크 검출기를 더 포함하는, 복수의 빔 신호들에 사용하기 위한 시스템.

#### 청구항 11

제 5 항에 있어서, 상기 CFR 모듈이 수행하도록 구성된 상기 파고율 감소는 하드 클리핑(hard clipping)을 포함하는, 복수의 빔 신호들에 사용하기 위한 시스템.

#### 청구항 12

제 2 항에 있어서, 상기 CFR 모듈이 수행하도록 구성된 상기 파고율 감소는 피크 제거(peak cancellation)를 포함하는, 복수의 빔 신호들에 사용하기 위한 시스템.

#### 청구항 13

제 2 항에 있어서, 상기 CFR 모듈이 수행하도록 구성된 상기 파고율 감소는 반복 클리핑(iterative clipping)을 포함하는, 복수의 빔 신호들에 사용하기 위한 시스템.

#### 청구항 14

위상 어레이 시스템에서 복수의 빔 신호들을 처리하는 방법으로서, 상기 방법은:

상기 복수의 빔 신호들의 각각의 빔 신호의 크기를 결정하는 단계 - 각각의 빔 신호들은 복소 빔 신호임 - ;

상기 복수의 빔 신호들의 크기의 가중된 합을 계산하는 단계;

대응하는 복수의 CFR 조정된 신호들을 생성하기 위해 상기 복수의 빔 신호들에 대한 파고율 감소를 수행하는 단계,

상기 복수의 빔 신호들에 대한 파고율 감소를 수행하는 단계는 상기 복수의 빔 신호들의 크기의 계산된 가중된 합에 기반하고,

상기 복수의 CFR 조정된 신호들 중 각각의 CFR 조정된 신호는 상기 복수의 빔 신호들과 상이한 빔 신호에 대응하고; 및

상기 복수의 CFR 조정된 신호들 중 각각의 CFR 조정된 신호에 대해, 생성하기 위해 위상 어레이를 사용하는 단계를 포함하는, 복수의 빔 신호들을 처리하는 방법.

#### 청구항 15

제 14 항에 있어서,

복수의 처리된 신호들을 생성하기 위해 상기 복수의 CFR 조정된 신호를 처리하는 단계; 및

결합된 송신 신호를 생성하기 위해 상기 복수의 처리된 신호들을 결합하는 단계를 더 포함하는, 복수의 빔 신호들을 처리하는 방법.

#### 청구항 16

제 15 항에 있어서, 무선 송신을 위해 상기 결합된 송신 신호를 안테나에 전달하는 단계를 더 포함하는, 복수의 빔 신호들을 처리하는 방법.

#### 청구항 17

제 14 항에 있어서, 상기 파고율 감소를 수행하는 단계는 상기 복수의 빔 신호들 중 임의의 빔 신호의 크기를 감소시키는 때를 결정하기 위해 크기들의 가중된 합을 이용하는 단계를 포함하는, 복수의 빔 신호들을 처리하는 방법.

#### 청구항 18

제 14 항에 있어서, 상기 크기들의 가중된 합의 모든 가중치들은 1과 동일한, 복수의 빔 신호들을 처리하는 방법.

#### 청구항 19

제 14 항에 있어서, 상기 크기들의 가중된 합에서의 적어도 하나의 가중치들은 1과 동일하지 않은, 복수의 빔 신호들을 처리하는 방법.

#### 청구항 20

제 14 항에 있어서, 상기 복수의 빔 신호들에 대한 파고율 감소를 수행하는 단계는, 상기 복수의 빔 신호들 중 모든 빔 신호들의 크기의 가중된 합이 미리 결정된 임계치를 초과할 때를 검출하는 단계를 포함하는, 복수의 빔 신호들을 처리하는 방법.

#### 청구항 21

제 14 항에 있어서, 상기 복수의 빔 신호들에 대한 파고율 감소를 수행하는 단계는 하드 클리핑(hard clipping)을 포함하는, 복수의 빔 신호들을 처리하는 방법.

#### 청구항 22

제 14 항에 있어서, 상기 복수의 빔 신호들에 대해 파고율 감소를 수행하는 단계는 피크 제거(peak cancellation)를 포함하는 것 인, 복수의 빔 신호들을 처리하는 방법.

#### 청구항 23

제 14 항에 있어서, 상기 복수의 빔 신호들에 대한 파고율 감소를 수행하는 것은 반복적인 클리핑(iterative clipping)을 포함하는, 복수의 빔 신호들을 처리하는 방법.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은, "Multi-Beam Crest Factor Reduction"라는 명칭으로, 2015 년 12 월 29 일자로 출원된, 임시 출원 일련 번호 제 62/272,269 호의 35 USC 119 (e)에 따른 우선권을 주장하고, 그 전체 내용은 본원에 참조로 포함 된다.

[0003] 본 발명은 일반적으로 셀룰러 또는 무선 로컬 영역 네트워크들과 같은 무선 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 다중 빔 위상 어레이 시스템들에 관한 것이다.

## 배경 기술

- [0004] 위상 어레이들은 선택적 통신 채널들의 형성을 허용하기 위해 자유 공간에서 빔 방사 패턴들을 생성한다. 위상 어레이는 평평한 표면 상에 그리드 패턴으로 복수의 안테나들을 배치함으로써 형성되고, 이들 안테나들은 전형적으로 서로 무선 주파수(RF) 신호의 파장의 1/2로 이격되어 있다. 위상 어레이는 각각의 안테나들에 인가되고 있는 RF 신호들의 위상 및 진폭을 조정함으로써 바람직한 방향으로 방사 패턴들을 생성할 수 있다. 방출된 무선 RF 신호는 특정 방향으로 보강될 수 있고 이러한 조정들로 인해 다른 방향으로 억제될 수 있다. 무선 빔은 통신 채널을 전송하도록 전자적으로 조종되어, 안테나의 위치 또는 방향을 기계적으로 조정할 필요를 제거한다.
- [0005] 위상 어레이는 함께(in unison) 수행하기 위해 어레이를 형성하는 복수의 안테나의 오케스트레이션(orchestration)을 필요로 한다. 공동 피드 네트워크(corporate feed network)는 위상 어레이를 형성하는 복수의 안테나들 각각에 RF 신호의 동일한 복사본들을 전달함으로써 위상 어레이에 타이밍을 제공한다. 평면 영역에 걸쳐 복수의 안테나들의 균일한 배치는 X 및 Y 방향 모두에서 RF 신호의 캐리어 주파수의 몇몇의 파장들에 걸쳐 연장되는 평평한 표면 영역을 갖는 위상 어레이로 정의된다. 예를 들어, 정사각형 평면 영역에 배열된 100 개의 안테나들을 갖는 위상 어레이는 각 방향에서 RF 캐리어 주파수의 5 파장과 동일한 에지 치수(edge dimension)를 가질 것이다.
- [0006] 셀룰러 전송에서, 직교 주파수 분할 멀티플렉싱(orthogonal frequency-division multiplexing, OFDM)은 심볼 간 간섭(intersymbol interference, ISI)에 대한 내성 및 채널 등화에서의 낮은 복잡성으로 인해 LTE(Long Term Evolution)와 같은 현대 시스템에 의해 채택된다. 그러나, OFDM 신호들은 전형적으로 높은 피크 대 평균 전력비(peak-to-average power ratio, PAPR)를 나타낸다. 송신된 무선 주파수(RF) 신호의 선형성을 유지하기 위해, 높은 PAPR은 큰 전력 증폭기(power amplifier, PA) 백 오프(즉, 평균 송신 RF 신호에 비해 전원의 소스 전력을 증가시키기 위해 PA 공급 전압을 증가시킴)를 필요로 한다. PA에 제공되는 증가된 공급 전력은 RF 신호가 그 피크 레벨에 있을 때 PA가 선형적으로 동작하는 것을 보장한다. RF 신호가 평균 레벨로 복귀하면, PA는 RF 신호 전력으로 변환되지 않는 높은 전력 손실을 겪는다. 추가적인 전력 손실은 PA 내의 증가된 열 소실(dissipation)로 해석된다. 따라서, PA의 선형성을 향상시키기 위해 PA 백 오프를 증가시킴으로써, 이는 PA 효율에서의 감소와 증가된 전력 사용을 하게 한다. 많은 경우에 있어서, PA의 열 소실 또는 전력 소모에 대한 제한은 전체 무선 전송 시스템의 성능에 병목이 될 수 있다.
- [0007] 이러한 상황은 위상 어레이에서 안테나들 중 하나를 구동하는 PA로 인해, 복수의 PA의 각각이 열 출력을 더하는, 복수의 PA들이 존재하기 때문에 위상 어레이에서 더욱 심각해진다. 모든 PA들은 안테나들 근처에 배치될 수 있으며, 안테나들은 위상 어레이의 평면 영역을 정의한다. PA들의 밀접한 배치는 위상 어레이와 관련된 상대적으로 작은 부피에서 상당량의 열을 발생시킨다. PA가 앞서 언급한 바와 같이 높은 PAPR 문제를 겪는다면 열 소실은 더욱 심각해진다. 높은 PAPR로 인한 PA의 증가된 전력 손실은 매우 작은 부피에서 상당한 양의 열을 생성할 수 있다. 또한, 위상 어레이는 다중 빔 신호들을 처리할 수 있으며, 각 PA의 입력에서, 이들 빔 신호는 일반적으로 회전되고 추가된다. 다중 빔 신호가 함께 추가될 때 PA가 경험하는 높은 PAPR을 감소시키는 기술이 요구된다. PAPR을 감소시키면 PA가 보다 전력 효율이 높아진다.

## 발명의 내용

- [0008] 일반적으로, 일 양상에서, 본 발명은 복수의 빔 신호들에 사용하기 위한 시스템을 특징으로 하고, 상기 시스템은: 복수의 입력들 및 대응하는 복수의 출력들을 갖는 파고율 감소(crest factor reduction, CFR) 모듈 - 상기 복수의 입력들의 각각의 입력들은 복수의 빔 신호들의 대응하는 상이한 빔 신호를 수신하기 위한 것이고, 상기 복수의 출력들의 각 출력은 상기 복수의 입력들의 상이한 입력에 대응하고 복수의 CFR 조정된 신호들(CFR-adjusted signal)의 상이한 CFR 조정된 신호를 출력하기 위한 것이고, 복수의 CFR 조정된 신호들의 각각의 CFR 조정된 신호는 복수의 빔 신호들의 상이한 빔 신호에 대응함 - 을 포함한다. 상기 CFR 모듈은 상기 복수의 CFR 조정된 신호를 생성하기 위해 상기 복수의 빔 신호들에 대한 파고율 감소를 수행하도록 구성된다. 상기 복수의 빔 신호들에 대해 수행된 파고율 감소는 상기 복수의 빔 신호들 중 다중 빔 신호들의 크기의 가중된 합에 기반한다.
- [0009] 다른 실시 예는 다음 특징 중 적어도 하나를 포함한다. 상기 CFR 모듈은 상기 복수의 빔 신호들 중 다중 빔 신호들의 크기의 가중된 합을 사용하여 상기 복수의 빔 신호들의 빔 신호들의 크기를 감소시키는 때를 결정하도록 구성된다. 상기 복수의 빔 신호들에 대해 수행된 상기 파고율 감소는 상기 복수의 빔 신호들 중 모든 빔 신호들의 크기의 가중된 합에 기반한다. 상기 복수의 빔 신호들 중 모든 상기 빔 신호들의 크기의 가중된 합은 상기

복수의 빔 신호들 중 모든 상기 빔 신호들의 크기의 합이다.

[0010] 상기 시스템은, 상기 CFR 모듈의 복수의 출력들의 대응하는 상이한 출력들에 각각 전기적으로 결합되고, 상기 출력에 대해 상기 CFR 조정된 신호로부터 유도된 신호를 상향 변환하기 위한 복수의 상향 변환 모듈들; 상기 복수의 상향 변환 모듈들(up-conversion modules)로부터의 신호들을 결합하고 결합된 신호를 생성하는 결합기(combiner); 및 상기 결합기의 출력에 전기적으로 결합되는 전력 증폭기(power amplifier)를 갖는, 송신기를 더 포함한다. 상기 전력 증폭기는 출력을 가지고, 상기 시스템은 상기 전력 증폭기의 출력에 전기적으로 연결된 안테나를 더 포함한다. 상기 CFR 모듈은 복수의 좌표 변환 모듈들을 포함하고, 상기 복수의 좌표 변환 모듈들의 각각의 좌표 변환 모듈은 상기 복수의 입력들의 상이한 대응 입력에 결합되고, 상기 입력을 통해 수신된 빔 신호의 크기를 결정하기 위한 것이다. 상기 CFR 모듈은 복수의 곱셈기들을 더 포함하고, 상기 복수의 곱셈기들의 각각의 곱셈기는 대응하는 상이한 좌표 변환 모듈에 결합되고; 및 상기 CFR 모듈은 상기 복수의 좌표 변환 모듈들 각각의 좌표 변환 모듈로부터 유도된 신호들을 가산하여 상기 복수의 빔 신호들의 모든 빔 신호들의 크기의 가중된 합을 생성하는 가산기를 더 포함한다. 상기 CFR 모듈은 상기 복수의 빔 신호들의 모든 빔 신호들의 크기의 가중된 합이 미리 결정된 임계치를 초과할 때를 검출하기 위한 피크 검출기를 또한 포함한다. 상기 CFR 모듈이 수행하도록 구성된 상기 파고율 감소는 하드 클리핑(hard clipping), 피크 제거(peak cancellation) 및 반복 클리핑(iterative clipping) 중 하나 이상을 포함한다.

[0011] 일반적으로, 일 양상에서, 본 발명은 복수의 빔 신호들을 처리하는 방법을 특징으로 한다. 상기 방법은: 상기 복수의 빔 신호들의 각각의 빔 신호의 크기를 결정하는 단계; 상기 복수의 빔 신호들의 크기의 가중된 합을 계산하는 단계; 및 대응하는 복수의 CFR 조정된 신호들을 생성하기 위해 상기 복수의 빔 신호들에 대한 파고율 감소를 수행하는 단계를 포함하고, 상기 복수의 빔 신호들에 대한 파고율 감소를 수행하는 단계는 상기 복수의 빔 신호들의 크기의 계산된 가중된 합에 기반한다.

[0012] 다른 실시 예들은 다음 특징 중 적어도 하나를 포함한다. 상기 방법은: 복수의 처리된 신호들을 생성하기 위해 상기 복수의 CFR 조정된 신호를 처리하는 단계; 결합된 송신 신호를 생성하기 위해 상기 복수의 처리된 신호들을 결합하는 단계; 및 무선 송신을 위해 상기 결합된 송신 신호를 안테나에 전달하는 단계를 더 포함한다. 상기 파고율 감소를 수행하는 단계는 상기 복수의 빔 신호들 중 임의의 빔 신호의 크기를 감소시키는 때를 결정하기 위해 크기들의 가중된 합을 이용하는 단계를 포함한다. 상기 크기들의 가중된 합의 모든 가중치들은 1과 동일하거나 또는 대안적으로, 상기 크기들의 가중된 합에서의 적어도 하나의 가중치들은 1과 동일하지 않다. 상기 복수의 빔 신호들에 대한 파고율 감소를 수행하는 단계는, 상기 복수의 빔 신호들 중 모든 빔 신호들의 크기의 가중된 합이 미리 결정된 임계치를 초과할 때를 검출하는 단계를 포함한다. 상기 복수의 빔 신호들에 대한 파고율 감소를 수행하는 단계는 하드 클리핑(hard clipping), 피크 제거(peak cancellation); 및/또는 반복적인 클리핑(iterative clipping)을 포함한다.

[0013] 본 발명은 첨부된 도면들에 도시된 특정 실시 예를 참조하여 보다 상세히 설명될 것이다. 본 발명은 특정 실시 예들을 참조하여 아래에서 설명되지만, 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니라는 것을 이해해야 한다. 본 명세서의 교시에 액세스하는 통상의 기술자는, 추가적인 구현 예들, 변경들 및 실시 예들뿐만 아니라 다른 사용 분야들을 인식할 것이고, 이는 본원에 기재된 바와 같이 본 명세서의 범위 내에 있고, 본 명세서는 상당한 유용성을 가질 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 전력 증폭기의 피크 대 평균 전력비(PAPR)를 예시하는 파형을 도시한다.

도 2는 임계치를 초과하는 신호의 파고율 감소(CFR)를 도시한다.

도 3은 종래의 CFR이 2 개의 빔 경로에 개별적으로 적용된 후 PAPR 재성장을 합산한 것을 도시한다.

도 4는 가산 후에 PAPR 재성장을 제거하는 듀얼 빔 조인트 피크 검출 및 감소 모듈 또는 회로의 실시 예를 도시한다.

도 5는 가산 후에 PAPR 재성장을 제거하는 다중 빔 조인트 피크 검출 및 감소 모듈 또는 회로의 실시 예를 나타낸다.

도 6은 가산 후에 복수의 전력 증폭기들에 PAPR 재성장없이 분배된 2 개의 빔 각각을 갖는 듀얼 빔 조인트 피크 검출 및 감소 모듈 또는 회로의 실시 예를 나타낸다.



- 도 7은 2 개의 신호들의 조합이 피크 감소를 요구하는 위치를 결정하는 그래픽 표현을 나타낸다.
- 도 8은 피크 감소를 갖는 다중 빔 CFR의 단일 반복을 수행하는 모듈 또는 회로의 블록도이다.
- 도 9는 클리핑 및 필터링으로 다중 빔 CFR의 단일 반복을 수행하는 모듈 또는 회로의 블록도이다.
- 도 10은 하드 클리핑(hard clipping)으로 다중 빔 CFR의 단일 반복을 수행하는 모듈 또는 회로의 블록도이다.
- 도 11a는 임베디드 싱글 빔 CFR 모듈을 이용하여 다중 빔 CFR을 수행하는 모듈 또는 회로를 나타낸 블록도이다.
- 도 11b는 복수의 빔으로부터 샘플을 처리하는 하나의 반복을 도시하는 흐름도이다.
- 도 12는 다중 멀티 빔 CFR 반복이 뒤따르는 다중 단일 빔 반복을 포함하는 실시 예의 블록도이다.
- 도 13은 표준 테스트 파형들을 사용하여 개별 CFR이 없는 다중 빔 CFR의 성능 결과를 예시한다.
- 도 14는 표준 테스트 파형을 사용하는 개별 CFR을 갖는 다중 빔 CFR의 성능 결과를 도시한다.
- 도 15는 송신 체인 내에 내장된 다중 빔 CFR(개별 CFR과 함께 또는 개별 CFR 없이)을 사용하는 실시 예의 블록도이다.
- 도 16a는 개별 및 다중 빔 CFR의 2 회 반복을 사용하는 제 1 빔의 입/출력 결과를 도시한다.
- 도 16b는 개별 및 다중 빔 CFR의 2 회 반복을 사용하는 제 2 빔의 입/출력 결과를 예시한다.
- 도 16c는 개별 및 다중 빔 CFR의 2 회 반복을 사용하여 조합된 제 1 및 제 2 빔을 예시한다.
- 도 17은 다중 빔 CFR을 사용하는 3 개의 상이한 표준 테스트 파형의 표 결과를 나타낸다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 도 1은 기저대역 엔벨로프(1-5) 내에서 전송된 무선 주파수 RF 신호(1-4)를 나타낸다. 피크 신호 이벤트들(1-2) 동안, 엔벨로프의 크기는 고정된 전력 전원 증폭기 전원 전압(1-1)까지 거의 확장될 수 있다. 고정된 전력 증폭기 공급 전압은 증폭기의 선형성을 유지하기 위해 피크 신호 이벤트들의 크기를 초과해야 한다. 그러나 피크 신호 이벤트들과 달리, 전체 신호는 낮은 평균 레벨(1-6)을 유지한다. 신호의 전력으로 측정될 때, 피크 신호 이벤트(1-2)와 1-6에 대응하는 평균 전력 값의 비율을 PAPR(peak-to-average power ratio)이라고 한다. 가능한 낮은 값으로 PAPR을 유지하는 것이 바람직하다. 직교 주파수 분할 멀티플렉싱(orthogonal frequency-division multiplexing, OFDM)과 같은 특정 통신 시스템 신호는 바람직하지 않게 높은 PAPR을 생성할 수 있으며, PAPR을 감소시키기 위한 일부 기술을 사용하는 것이 바람직하다. 본 명세서에서 소개된 기술들은 높은 PAPR을 경험하는 임의의 위상 어레이 통신 시스템에 적용될 수 있다. 고정된 파워 증폭기 공급 전압은 1-2에서 큰 전압 스윙을 제공할 수 있어야 한다; 그러나, 신호 진폭들이 평균값(1-6)에 더 가까울 때, 전력 증폭기는 덜 효율적이게 된다. 이 영역들에서 고정된 전력 증폭기 공급 전압에 의해 제공되는 에너지는 영역(1-3)의 갭으로 예시된 것처럼 열로서 소실된다. 따라서 증폭기의 디자인은 큰 피크 신호 이벤트가 증폭기의 선형성을 유지하기 위해 적절히 증폭되도록 보장해야 한다. 그러나, 전력 증폭기의 평균 전력이 피크 신호 이벤트보다 훨씬 낮으면, 전력 증폭기는 영역(1-3)에 표시된 바와 같이 많은 양의 전력을 열로서 낭비한다.
- [0016] 기저대역 엔벨로프(1-5)(또는 기저대역 신호)는 동 위상(in-phase, I) 신호와 직교(quadrature, Q) 신호의 두 가지 구성 요소가 있는 벡터로 구성된다. 복소수 신호는 일반적으로 복소수로 표현되고, 여기서 실수 및 허수 부분들은 신호의 I 및 Q 컴포넌트에 각각 대응한다. 벡터는 크기와 위상을 가진다. 기저대역 신호(1-5)의 크기는 수식 1에 의해 주어진다.
- $$\sqrt{I^2 + Q^2}$$
- [0017] (수식 1)
- [0018] 위상은 I 및 Q 컴포넌트의 상대 값들에 의해 결정된다.
- [0019] 기저대역 신호의 피크를 감소시키는 것은 무선 주파수(RF) 신호의 피크도 감소시킨다. 피크들이 감소되면 PAPR도 감소된다. PAPR이 감소되면, 전체 신호가 전력 증폭기(PA) 공급 전압의 범위를 차지하도록 스케일링될 수 있으며, 이로 인해 더 높은 전력 효율이 발생한다(또는, 대안적으로, PA 전원 전압은 감소된 피크의 레벨로 낮아져 전체 전력 손실을 감소시킬 수 있음).
- [0020] 전통적으로, 단일 빔 시스템에서, 파고율 감소(CFR) 동작은 PA에 적용되기 전에 전송된 RF 신호의 피크를 감소



시킨다. CFR 모듈은 신호에 대한 왜곡을 허용 가능한 레벨로 유지하면서, PAPR(일반적으로, 피크 신호에 적용된 클리핑, 필터링 및/또는 감산 동작)을 감소시킨다. LTE 시스템에서, CFR 동작은, EVR을 특징으로 하는, 인 밴드(in-band) 신호 왜곡을 야기할 수 있고, ACLR에 의해 측정된 바와 같이, 아웃 밴드(out-band) 방출을 야기할 수도 있다. CFR 작업의 목표는 EVM 및 ACLR을 허용 가능한 한도 내에서 유지하면서, RF 신호의 피크 신호를 줄이는 것이다. 피크 신호들을 감소시키는 전체적인 효과(net effect)는 PA의 효율을 향상시킨다. CFR 동작은 단일 송신 RF 신호 또는 빔을 이용하는 시스템에서 양호하게 수행된다.

[0021] 도 2는 단일 빔 CFR 작업들이 어떻게 작동 하는지를 보다 자세하게 예시한다. 점선 타원(2-1)의 경계에 의해 정의된 크기를 갖는 신호 피크(2-3)를 갖는 기저대역 신호(2-5)가 있다. 기저대역 신호는 DC 값(2-6) 및 CFR 임계치(2-4 및 2-7)를 갖는다. 신호 피크(2-3)의 평균값에 대한 전력 비율은 PAPR을 지칭한다. 전형적으로보다 낮은 PAPR이 요구되고, 신호 피크(2-3)가 임계치(2-4) 이하로 감소될 때 발생한다. 임계치는 전력 증폭기의 동작에 포함된 시스템 요구 사항에 기반하여 설정된다. 종래의 CFR 기술은 임계치를 초과하는 신호 피크(2-3)의 위치를 식별하고, 신호 피크(2-3)를 임계치(2-4) 보다 매칭되거나 적은 더 낮은 신호 피크(2-2)로 감소시키는 복수의 신호 감소 기술들 중 하나를 통합한다. 평균 값에 대한 더 낮은 신호 피크(2-2)의 전력 비율은 원하는 PAPR을 산출한다. CFR은 피크 신호(2-3)를 더 낮은 신호 피크(2-2)로 감소시킨 후에 원하는 PAPR로 신호의 원래 PAPR을 감소시킬 수 있다. 원하는 PAPR은 허용 가능한 한도 내에서 위상 어레이의 에러 벡터 크기(error vector magnitude, EVM) 및 인접 채널 누설 비(adjacent channel leakage ratio, ACLR)를 유지하면서 약 6 내지 8 dB로 감소될 수 있다. 이 원하는 PAPR은 신호가 전력 증폭기에 인가될 때 유지된다. 그러나, 이러한 상황은 종래의 CFR 기술들이 사용되는 단일 빔 시스템에 대해서만 유효하다.

[0022] 위상 어레이는 보다 복잡한 무선 시스템이다. 2 개 이상의 빔 신호(독립적인 송신 RF 신호들)가 각각 위상 시프트되고 함께 가산된다. 다중 빔 신호는 PA의 입력에 인가되고 위상 어레이의 안테나들 중 하나를 통해 자유 공간으로 송신되기 전에 2 개 이상의 빔 신호들의 합산이다. 2 개 이상의 빔 신호 각각에 종래의 CFR 방법들을 적용하는 것은 각각의 빔 신호들을 감소시켜 원하는 PAPR을 달성한다. 그러나, 일단 2 개 이상의 빔 신호가 함께 가산되면, 결합된 빔 신호의 PAPR은 원하는 값보다 클 수 있다. 가산 후 PAPR의 증가는 PAPR 또는 PAPR 재성장(re-growth)의 재성장으로 알려져 있다. 이것은 종래의 CFR이 다른 빔들과 독립적인 시간에 하나의 개별 빔에 대해 동작하기 때문에 발생한다. 다중 빔 신호에서의 전통적인 CFR 접근법은 비효율적이다. 2개 이상의 빔 신호 각각이 CFR을 사용하여 처리되더라도, 2 개 또는 그 이상의 빔 신호의 합산은 한번 결합되어 2 내지 3dB만큼 PAPR을 재성장시킬 수 있다.

[0023] 도 3은 상술한 다중 빔 CFR 구조에서 PAPR 재성장이 어떻게 발생하는지를 예시한다. 빔 1 신호는 노드(3-2a)에서 원하는 PAPR을 갖는 신호를 생성하는 임계치에 대한 빔 1 신호 내의 신호 피크를 감소시키는 CFR(3-1a)에 인가된다. 노드(3-2a)에서의 신호는 블록(3-3a)에서 RF 주파수로 상향 변환되고 그 입력 노드(3-4a)에서 위상 회전기(3-5a)에 인가된다. 위상 회전기는 빔 1 신호의 위상을 조정하고 그 신호를 가산기(3-6)의 입력에 인가하고, 위상 어레이 시스템에서 결과적인 빔의 방향을 제어하기 위한 것이다. 동시에, 빔 2 신호인, 제 2 빔 신호가, 노드(3-2b)에서 원하는 PAPR을 갖는 신호를 생성하는 임계치로 빔 2 신호 내의 신호 피크를 감소시키는 CFR(3-1b)에 인가된다. 노드(3-2b)에서의 신호는 블록(3-3b)에서 RF 주파수로 상향 변환되고 그 입력 노드(3-4b)에서 위상 회전기(3-5b)에 인가된다. 위상 회전기(3-5b)는 신호의 위상을 조정하고 그 신호를 가산기(3-6)의 입력에 인가한다. 가산기(3-6)는 전력 증폭기(3-8)에 인가된 노드(3-7)에서 합성 신호를 생성하기 위해 위상 회전기들로부터의 두 신호를 결합한다. 빔 1 신호 내의 신호 피크는 빔 2 신호와 독립적으로 CFR 기술을 사용하여 조정되는 반면, 빔 2 신호 내의 신호 피크는 빔 1 신호와 독립적으로 CFR 기술을 사용하여 조정된다. PAPR 재성장은 빔 1 신호 및 빔 2 신호에 적용되는 독립적인 CFR 조정으로 인해 가산기의 출력 노드(3-7)에서 발생할 수 있다. PAPR 재성장은 위상 어레이의 안테나들(3-10) 중 하나를 구동할 때 전력 증폭기가 효율을 잃어 버리고 필요한 것보다 더욱 많은 전력을 소실시키도록 PAPR을 3 dB만큼 증가시킬 수 있다.

[0024] 도 3에서의 각각의 개별 빔의 PAPR은 실제로 전통적인 CFR을 적용한 후 임계치에 의해 결정된 바와 같이 설정된 최대 수용가능한 레벨로 감소된다. 일단 빔들이 합쳐지면, 각각의 최대 허용 가능 레벨에서, 각각의 빔들의 감소된 전력 성분들의 합산은 PAPR을 3dB만큼 상승시키는 새로운 PAPR 상태의 발생을 생성할 수 있고, 이는 전통적 CFR 동작을 개별적인 빔 각각에 적용하여 취소할 수 있다. 전통적 CFR 동작이 개별적인 빔에 대해 수행되었더라도, 결합된 빔의 PAPR은 가산 후에 원래의 PAPR 값에 가깝게 되돌아 간다. 원하는 PAPR의 증가는 제 2 빔의 감소된 피크와 정렬되는 하나의 빔의 감소된 피크로 인한 것이며, 이는 PAPR의 증가를 3dB만큼 증가시킬 수 있다. 따라서, 종래의 단일 빔 CFR은 다중 빔들이 결합되거나 추가될 때 효과적이지 못하다.

[0025] 도 4는 PAPR 재성장이 다중 빔 CFR 구조 내에서 제거되는 일 실시 예를 예시한다. 빔 1 신호 및 빔 2 신호는 조

인트 피크 검출 및 감소 블록(4-1)에 인가된다. 양쪽 빔 신호의 임의의 주어진 시점에서의 크기가 가산되고 조인트 PAPR을 설정하는 주어진 임계치와 비교된다. 그러나, 크기들의 합이 주어진 임계치보다 크고, 로컬 합계가 로컬 최대 값을 제공한다면, 합계의 PAPR은 원하는 PAPR보다 크고, 피크의 신호 컴포넌트들 중 하나 또는 둘 모두의 감소가 수행된다. 임의의 신호 컴포넌트의 크기의 감소는 파형에 신호 왜곡을 도입한다. 도입된 왜곡이 LTE 표준에 의해 지정된 바와 같은 에러 벡터 크기(EVM) 한계 내에 있는 경우, 예를 들어, LTE 시스템에서 신호 왜곡이 허용될 수 있다. 2 개의 신호들은 안테나 시스템(도시되지 않음)을 통해 송신을 위한 신호들을 준비하는 시스템 부분인 송신기(또는 프런트 엔드)에 전달된다. 송신기에서, 각각의 신호는 상향 변환 블록(3-3a 및 3-3b)에 의해, 각각, RF 주파수들로 상향 변환된다. 위상 회전기들(3-5a 및 3-5b)은 노드들(4-3a 및 4-3b)에서 두 입력 빔 신호들의 크기를 회전시키고 이들 신호들을 가산기(3-6)에 적용한다. 가산기(3-6)는 노드(4-4)에서 신호를 생성하기 위해 이들 2 개의 신호를 함께 가산한다. 이 신호는 전력 증폭기(3-8)의 입력에 인가된다. 조인트 피크 검출 및 감소 블록(4-1)은 복수의 빔들이 임의의 위상 회전 후에 가산될 때, 결합된 빔 신호가 회전의 양에 관계없이 노드(4-4)에서 원하는 레벨 이상으로 PAPR 재성장을 나타내지 않도록, 다중 빔 CFR 프로세스를 구현한다. PAPR 재성장은 결합된 신호의 PAPR이 결합된 신호 PAPR 목표를 초과하지 않는다는 것을 의미한다.

[0026] 위상 회전기는 빔 신호들의 RF 신호의 위상 각을 앞당기거나 지연시키는데(lead or lag) 사용된다. 위상 회전기는 그것을 통과하는 신호의 위상을 시프트시키는 기능을 한다. 위상의 시프트는 아날로그 또는 디지털 제어 신호로 제어된다. 설명된 실시 예는 위상 회전기들을 조정하기 위해 디지털 제어 신호들을 사용한다. 또한, 아날로그 또는 디지털 제어 신호에 의해 제어되는 적어도 하나의 진폭 조정 회로(가변 이득 증폭기, 도시되지 않음)는 RF 신호들 중 적어도 하나의 진폭을 수정하는데 사용된다. 이들 위상 회전들 및 이득들을 적용하는 것은 위상 어레이에 의해 형성된 결과 빔을 원하는 방향으로 향하게 하기 위한 것이다. 진폭 또는 위상 조정의 제어는 전체, 부분 또는 0 제어로부터의 범위일 수 있다. 디지털 제어 신호들은 시스템 내에서 송수신되고(are bussed within), 상향 변환기들에서 위상 회전기들 및 가변 이득 증폭기들에 제공된다. 이들 디지털 또는 아날로그 제어 신호들은 다수의 상호 작용하는 기계들 또는 컴퓨터들을 포함할 수 있는 디지털 프런트 엔드(digital front end, DFE)의 하나 이상의 프로세서에 의해 공급된다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터 프로그램으로 인코딩되어, 적어도 하나의 프로세서에 의한 그 프로그램의 실행이 위상 및 진폭 조정 방법 중 적어도 하나를 수행한다. 위상 및 진폭 조정 기능의 더 상세한 내용에 대해서는, 예를 들면, "Low Cost, Active Antenna Arrays"라는 명칭으로, 2012년 6월 7일에 공개된, 미국 특허 공개 번호 제 2012/0142280 호를 참조할 수 있고, 이의 개시는 그 전체가 참조로 여기에 통합된다.

[0027] 위상 어레이 시스템들과 같은 애플리케이션들에서, 송신 신호들의 위상은 위상 어레이에 대한 빔 방향에 종속하여 각 안테나 소자에서 임의의 각도만큼 회전될 수 있다. 따라서, 다중 빔 CFR 방법은 회전 불변의 개념에 기반한다: 빔 신호들의 합은, 이들 각각은 임의의 위상 회전의 대상일 수 있으며, 원하는 PAPR 목표를 만족시키도록 설계된다. 또한, 다중 빔 CFR은 결합된 빔 신호의 피크들을 검출 및 감소시키기 위해 상이한 빔들의 송신 신호를 공동으로 처리한다. 본 실시 예는 조인트 피크 검출 및 감소 블록 내의 각 시간 간격에서 복수의 신호 빔의 결합된 진폭을 동시에 모니터링한다. 결합된 진폭이 임계치를 초과하면, 조인트 피크 검출 및 감소 블록은 로컬 최대를 정의하고자 한다. 일단 로컬 최대가 위치되면(located), CFR 기술들은 원하는 임계치 이하의 로컬 최대를 감소시키기 위해 복수의 신호 빔에 동시에 적용된다. 이러한 조인트 피크 검출 및 감소 실시 예는, 추가된 후 및 전력 증폭기에 인가되기 전에, 결합된 빔 신호가 허용 불가능한 PAPAR 재성장을 나타내지 않도록 보정한다.

[0028] 도 5는 노드(5-4)에서 PAPR 재성장을 경험하지 않고 3 개의 빔 신호들이 결합되는 실시 예를 도시한다. 3개의 빔 신호들: 빔 1 신호, 빔 2 신호 및 빔 3 신호가 조인트 피크 검출 및 감소 블록(5-1)에 인가된다. 통상의 기술자는 3 개 이상의 복수의 빔 신호들이 유사한 방식으로 처리될 수 있음을 이해할 것이다. 임의의 주어진 시간 인스턴트에서의 각 빔 신호의 진폭은 합산된 진폭 값을 결정하기 위해, 가중치 함수(서로 다른 빔 신호들 중의 불균등한 전력 할당을 허용하기 위한)의 적용과 함께 가산된다. 예를 들어, 가중치 함수는 기지국으로부터 분리된 핸드셋(handset)의 거리에 관한 불균등한 전력 할당을 할당하는 데 사용될 수 있다. 기지국에 더 가까운 핸드셋에 대한 빔 신호는 신호의 크기를 감소시키는 가중치 함수를 가질 수 있는 한편, 기지국으로부터 더 먼 핸드셋에 대한 빔 신호는, 신호가 더 멀리 이동해야 하기 때문에 신호의 크기를 증가시키도록, 신호의 크기를 증가시키는 가중치 함수를 가질 수 있다.

[0029] 합산된 진폭 값은 각각의 시간 간격에 대해 계산된다. 합산된 진폭은 임계치와 비교되어 그것이 임계치를 초과하는지를 결정한다. 합산된 진폭 값이 임계치를 초과하는 경우, 3 개의 신호 빔 중 적어도 하나의 진폭은 피크 감소 방법을 사용하여 감소된다. 하나의 접근법은 복수의 빔 신호들 모두의 진폭을 비례적으로 감소시키는

것을 포함하고, 다른 접근법은 최소 진폭을 초과하는 빔 신호들의 진폭들을 비례하여 감소시키는 것을 포함한다. 이러한 감소 방법은 하드 클리핑(hard clipping), 반복 클리핑(iterative clipping) 및 필터링, 및 피크 제거 기술들을 사용할 수 있으며, 그보다 상세한 예가 후술될 것이다. 조인트 피크 검출 및 감소 블록(5-1)의 목표는 결합된 신호가 원하는 PAPR을 달성하도록(임계치에 의해 지정된 바와 같음) 원하는 양보다 작은 값으로 피크 크기를 감소시키는 것이다. 이 CFR 동작은, 미리 결정된 제한 내에서, 인접 채널 누설률(adjacent channel leakage ratio, ACLR)에 의해 측정된 에러 벡터 크기(error vector magnitude, EVM) 및 아웃 밴드 방출을 특징으로 하는 대역 내 신호 왜곡을 유지해야 한다. 3 개의 출력 신호: 5-2a, 5-2b 및 5-2c는, 각각, 대응하는 상향 변환 블록(3-3a, 3-3b 및 3-3c)에 각각 인가된다. 노드들(5-3a, 5-3b 및 5-3c)에서 상향 변환된 신호는, 각각, 위상 회전기(3-5a, 3-5b 및 3-5c)에 의해 각각 개별적으로 위상 시프트된다. 가산기(3-6)는 위상-시프트된 신호들을 합산하여 전력 증폭기(3-8)에 연결된 노드(5-4) 상의 최종 RF 신호를 생성한다. 임계 레벨을 초과할 수 있는 임의의 결합된 진폭을 정정하기 위해 3 개의 신호들이 동일한 시간 슬라이스(slice) 동안 공통으로 평가되기 때문에, 노드(5-4)에서 신호의 PAPR 재성장은 없다.

[0030]

도 6은 위상 어레이의 복수의 전력 증폭기들에 결합된 조인트 피크 검출 및 감소 블록의 실시 예를 도시한다. 이 실시 예에서, 빔 스티어링 가중치/위상들은 도 5의 실시 예에서와 같이, 상향 변환 이후가 대신에 상향 변환 이전에 도입된다. 또한, 도 6은 예시처럼 복수의 전력 증폭기들에 분배되고 있는 2 개의 빔 신호들을 도시한다. 일반적으로, X 빔 신호들은 Y 전력 증폭기들에 걸쳐 분배될 수 있다. 노드(4-2a 및 4-2b)에서의 2 개의 출력 신호들은 조인트 피크 검출 및 감소 블록(4-1)에 의해 처리된다. 신호들 중 하나 또는 둘 모두가  $0^\circ$  와  $360^\circ$  사이의 임의의 위치로 위상 회전되고 합성 신호를 형성하도록 부가된다. 양쪽 신호를 합산함으로써 형성된 합성 신호는 조인트 피크 및 감소 블록(4-1)에 의해 처리된 후에 항상 원하는 PAPR을 충족시키는 것이 보장될 것이다. 도 6의 시스템은 상향 변환되고 대응하는 전력 증폭기의 입력에 인가되는 8 개의 합성 신호들을 생성한다. 8 개의 전력 증폭기들 모두는 합성 신호를 형성하는 2 개의 CFR 지정된 입력 신호들에 인가된 위상 시프트들에 관계없이 원하는 PAPR에서 또는 그 이하에서 동작할 것이다. 8 개의 전력 증폭기는 각각 안테나(도시하지 않음)를 구동한다. 전력 증폭기들의 전력 소실은 위상 어레이의 전체 전력 버짓(budget)의 중요한 부분이다. 원하는 PAPR에서 전력 증폭기들의 PAPR을 유지하는 것에 기인한 전력 절감은 전체 시스템의 전력 소실을 감소시키거나 자유 공간으로 전송되는 RF 신호의 평균 출력 전력을 증가시키는데 사용될 수 있다. 위상 어레이의 8 개의 안테나들은 자유 공간에서 2 개의 분리된 방사 패턴을 생성할 수 있다. 방출된 무선 RF 신호들은 2 개의 입력 빔 신호의 위상 및 진폭 조정들에 따라 특정 방향으로 보장되고 다른 방향들에서 억제된다. 조정된 빔들의 추가 설명에 대해서는, “Techniques for Achieving High Average Spectrum Efficiency in a Wireless System” 라는 명칭으로, 2012 년 10 월 11 일에 공개된, 미국 특허 공개 번호 제 20/0275754 호를 참조하고, 이의 개시는 그 전체가 참조로서 본 명세서에 통합된다.

[0031]

조인트 피크 검출 및 감소 블록(4-1)은 입력 빔 1 신호 및 입력 빔 2 신호를 처리하여 이들 두 신호들의 크기의 합계에서 신호 피크를 검출한다. 합산된 크기가 주어진 임계치를 초과할 때 CFR 감소 기술들이 두 신호들에 적용된다. 일단 합산된 크기의 피크들이 CFR 기술에 의해 감소되어 원하는 PAPR을 산출하면, 조인트 피크 검출 및 감소 블록(4-1)의 출력 신호들(4-2a 및 4-2b)은 가변 이득 및  $W(i,j)$  라벨링된, 위상 회전 블록들에 결합된다. 이 2 개의 신호들은 이제 회전 불변(rotational invariance)의 품질을 갖는다. 출력 신호(4-2a)는 가변 이득 및 회전 블록들(6-1a 내지 6-1h)의 제 1 세트에 결합된다. 출력 신호(4-2b)는 가변 이득 및 회전 블록들(6-2a 내지 6-2h)의 제 2 세트에 결합된다. 회전 불변 값은 이들 가변 이득 및 위상 회전 블록이 함께 합산된 후에 원하는 PAPR을 유지하면서  $0$  내지  $360^\circ$  의 전체 범위에 걸쳐 신호(4-2a 및 4-2b) 중 하나 또는 둘 모두를 위상 회전시킬 수 있음을 보장한다. 8 개의 가산기들(3-5a 내지 3-5h) 각각은 노드(6-3a 내지 6-3h)에 합성 신호를 생성한다. 각각의 합성 신호는 합성 신호들 중 하나를 형성하기 위해, 제 1 세트로부터 선택된 제 1 신호와 제 2 세트로부터 선택된 제 2 신호의 합을 포함한다. 각각의 합성 신호는 상향 변환 블록(3-3a 내지 3-3h)에 의해 상향 변환되어 노드(6-4a 내지 6-4h) 각각에서 RF 신호를 생성한다. 이들 RF 신호들 각각은 전력 증폭기들 중 하나의 대응하는 입력에 인가된다. 도 6은 각 빔의 신호가 8 개의 전력 증폭기(PA)의 세트에 분배되는, 2 개의 빔에 대한 구성을 도시한다. 일반적으로, 구성은 Y PA(예를 들어, 8보다 큼)를 갖는 X 빔(예를 들어, 2 또는 그 이상)을 가질 수 있다.

[0032]

도 3 내지도 5는 위상 회전들만을 도시한다. 일반적으로, 주어진 전력 증폭기에 주어진 빔에 대한 데이터 경로는, 도 6에 도시된 바와 같이, 복소 스케일링 팩터  $W(i,j)$ 로 표현되는, 가변 이득 및 위상 회전을 거칠 수 있다. 이것은 일반적으로 실수(동 위상 또는 I) 및 허수(직교 위상 또는 Q) 성분을 갖기 때문에 복잡한 스케일링 팩터이다. 중요성은 이 팩터가 신호의 크기를 스케일링 할뿐만 아니라 I-Q 평면상에서 신호를 회전시키는 것이다. 가변 이득은 선험적으로 설정된다. 그 다음, 운영자는 다중 빔 CFR 가중 함수 및 임계치를 그에 따라 설정하여



가변 이득을 고려한다. 따라서, 가변 이득은 회전 불변량의 품질에 영향을 미치지 않는다.

[0033] 조인트 피크 검출 및 감소 블록(4-1)은 PAPR을 원하는 PAPR로 감소시키기 위해 CFR 기술로 신호를 처리한다. 신호들 중 하나에 인가되는 가변 이득은 피크 전력뿐만 아니라 그 하나의 신호의 평균 전력에 동일한 이득을 적용하게 한다. 따라서, 원하는 PAPR은 가변 이득의 크기에 독립적인 상수로 남는다. 상향 변환 동작(기저대역 신호를 무선 주파수 신호로 변환)은 도 3 내지 도 5에 도시된 바와 같이 위상 회전 전에 또는 도 6에 제시된 위상 회전 후에 발생할 수 있다.

[0034] 전통적인 CFR에서, 신호 크기가 주어진 임계치를 초과하면, 임의의 다른 빔 신호와 독립적인 단일 빔 신호에 대해 피크 감소가 수행된다. 대조적으로, 다중 빔 CFR에서, 개별 빔 신호들의 크기의 합이 주어진 임계치를 초과할 때 피크 감소가 수행된다. 벡터의 합의 크기와는 반대로, 신호를 나타내는 벡터의 크기의 합은 개별 빔 신호의 위상 회전에 대해 불변인 것으로 고려된다. 도 7은 다중 빔 CFR 방법의 일 실시 예를 나타내는 파형을 도시한다. 3 개의 정렬된 파형들은 시간의 함수로서 도시되어 있다. 상부 2 개의 파형들은 샘플링된 입력 빔 1 신호 및 샘플링된 입력 빔 2 신호를 나타낸다. 하부 신호는 합성 신호로서 2 개의 입력 신호들의 합산을 나타낸다. 각각의 파형은  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ 의 시점에 대응하는 3 개의 진폭 값을 식별한다. 점선 타원은 식별된 진폭 값들 각각과 연관된다. 점선 타원은 I 및 Q 평면 상에 투영된 원을 나타낼 수 있고, 이 평면은 시간 지점들과 관련된 파선 각각의 페이지에 직각으로 튀어 나와 있다. 원의 반경은 I 및 Q 평면에서의 신호의 진폭에 대응한다. 시점  $t_1$ 에서, 빔 2 신호는 90도에서 7-1b의 진폭을 갖는 반면, 빔 1 신호는 90도에서 진폭(7-1a)을 갖는다. 2 개의 빔 신호의 진폭이 함께 가산될 때, 이들은 90°에서 결합 피크 신호(7-2)를 생성한다. 2 개의 입력 벡터가 정렬되기 때문에, 그 합계는 벡터의 크기가 가산된 것처럼 이 벡터 가산에 대한 최대 값을 생성한다. 이 피크 신호(7-2)의 값은 원하는 임계치(7-11)보다 작으며, 따라서 다중 빔 CFR 방법의 적용을 필요로 하지 않을 것이다. 시점  $t_2$ 에서, 빔 1 신호는 270도에서 진폭(7-4a)을 가지고, 빔 2 신호는 270도에서 7-4b의 진폭을 갖는다. 2 개의 빔 신호의 진폭이 함께 가산될 때, 이들은 270°에서 결합된 피크 신호(7-5)를 생성한다. 2 개의 입력 벡터들이 동일 선형이기 때문에, 이들의 합산은 벡터의 크기가 추가된 것처럼 이 크기 가산에 대한 최대 값을 생성한다는 점에 유의해야 한다. 이 피크 신호(7-5)의 값은 원하는 임계치(7-11)보다 크고, 따라서 다중 빔 CFR 방법의 적용을 필요로 할 것이다. 다중 빔 CFR 방법의 일 실시 예에서, 7-4a 및 7-4b에서의 입력 신호의 진폭은 합산된 크기(7-5)가 원하는 임계치(7-11)보다 낮아질 때까지 비례하여 감소된다. 시점  $t_3$ 에서, 빔 1 신호는 90°에서 진폭(7-6a)을 가지고 빔 2 신호는 270°에서 7-6b의 진폭을 갖는다. 2 개의 빔 신호의 진폭이 함께 가산될 때, 270°에서 결합된 피크 신호(7-7)를 생성한다. 이 피크 신호(7-5)의 값은 원하는 임계치(7-11) 내에 있지만 이것은 벡터 가산의 크기 결과를 나타낸다. 벡터의 크기의 추가는, 임계치(7-11)를 초과하는, 점선 타원(7-10)에 의해 표시되므로, 다중 빔 CFR 방법의 적용을 요구할 것이다. 7-6a 및 7-6b에서의 입력 신호의 진폭은 합산된 크기(7-10)가 원하는 임계치(7-11) 아래로 감소될 때까지 비례하여 감소될 수 있다. 다중 빔 CFR 방법은 개개의 크기들의 합이 원하는 임계치보다 크다면(개별 신호들의 합이 원하는 임계치를 초과할 수 있거나 초과하지 않을 수 있음에 주목함), 개별 신호들의 크기를 감소시킨다. 다중 빔 CFR 방법은 개개의 크기들의 합이 원하는 임계치 내에 있으면, 개별 신호들의 크기를 감소시킬 필요가 없다. 다중 빔 CFR 방법은 임의의 현존하는 방법, 예컨대 반복 클리핑 및 필터링(iterative clipping and filtering, ICF), 피크 제거(peak cancellation, PC) 및 하드 클리핑(hard clipping, HC)을 사용하여 피크를 감소시킬 수 있다.

[0035] 도 8은 조인트 피크 검출 및 감소 블록(4-1) 내의 다중 빔 CFR 피크 제거(CFR-PC) 회로 또는 모듈의 기능 블록도를 나타낸다. 일반적으로, 송신 신호의 피크는 송신 신호로부터 적절하게 스케일링되고 회전된 피크 제거 펄스(peak cancellation pulse, PCP)를 감산함으로써 감소된다. PCP는 전형적으로 펄스 성형 필터(pulse-shaping filter)의 임펄스 응답에 기반하므로, 스케일링/회전된 PCP를 감산하면 송신 신호의 대역폭에 큰 영향을 미치지 않을 것이다. PCP의 피크는 송신 신호의 피크와 정렬되도록 만들어진다. PCP는 피크 감소량(즉, 감산되는 크기)을 제어하도록 스케일링되고, PCP는 I-Q 평면상의 송신 신호 피크의 각도와 정렬되도록 회전된다. PCP는 빔 신호들의 피크를 감산하여 보정 신호가 "평탄"하다는 것을 보장하기 위해 사용되고, 즉, 빔 신호들의 최소 스펙트럼 왜곡으로 변환되는, 보정 이후에 빔 신호에서 급격한 변화가 없다. 이 기술에 대한 참조는 <http://www.xilinx.com/products/intellectual-property/ef-di-pc-cfr.html>에서 찾을 수 있다.

[0036] 입력 빔 신호들은 모듈에 인가되고, CFR 빔 신호들은 모듈로부터 출력되며, 이것은 CFR 보정의 하나의 반복에 대응한다. 모듈로 전달되는, 2 개의 입력 빔, 빔 1 입력 및 빔 2 입력의 I 및 Q는 피크 제거 펄스(PCP) 길이 지연 블록(8-2a 및 8-2b)을 통해 결합기(8-8a 및 8-8b)에 각각 제공된다. 길이 지연 블록들은 피크 검출기(8-5) 및 PCP 모듈(8-6)에 의해 도입된 지연을 고려하여 결합기(8-8a)에서 빔 입력 신호의 피크와 피크 제거 펄스(PCP)의 피크를 시간적으로 정렬시키는 역할을 한다.

[0037] 펄스 길이 지연 블록은 입력 신호의 지연된 버전을 결합기에 효과적으로 제공한다. 동시에, 2 개의 입력의 크기 및 위상이 좌표 변환 블록들(8-1a 및 8-1b)에 의해 추출되어, 크기 M1 및 M2와 위상 P1 및 P2를 각각 생성한다. 그 후, 크기는 승산기(8-3a 및 8-3b)에서 각각 가중치 함수(W1 및 W2)에 의해 스케일링된다. 가중치 함수는, 예를 들어, 기지국으로부터 핸드셋의 거리를 설명하는데 사용되며, 상이한 빔 신호들 사이에서 불균등한 전력 할당을 허용하기 위한 것이다. 가산기(8-4)는 2 개의 결과적인 크기를 가산하여 피크 검출기(8-5)에 출력한다. 다중 빔 피크 검출기에서, 빔 신호 크기의 가중된 합은 소정의 임계치와 비교된다. (일반적으로, 모든 가중치가 1인 경우를 배제하지 않는 가중치 합계를 언급할 때를 주목함) 피크 검출기(8-5)는, 주어진 임계치 위에 있는, 결합된 크기의 피크를 검출한다. 미리 기록된 PCP를 저장하는, 피크 제거 펄스(PCP) 블록(8-6)은 ACLR 열화(deterioration)를 작게 유지하기 위해 보정 신호의 스펙트럼을 형성하는데 사용된다. 임계치를 초과하는 피크가 검출될 때, 미리 기록된 PCP는 상이한 빔들 각각에 대해 스케일링되고 그들로부터 감산된다. 통상적으로, PCP는 전송 신호의 대역폭이 통신 채널의 대역폭 내에 있음을 보장하기 위해 사용되는 필터인, 전송 펄스-성형 필터(transmit pulse-shaping filter)의 임펄스 응답에 기반한다(예컨대, 일반적인 송신 체인에 대한 도 15를 참조. 송신 펄스-성형 필터들은 15-1a 및 15-1b에서 사용됨). 입력 신호 위상들(P1, P2)과 함께 주어진 임계치를 초과하는 양은 스케일링/회전 블록들(8-7a 및 8-7b)에서 PCP를 스케일링하고 회전시키기 위해 사용되어 보정 신호 1 및 보정 신호 2를 생성한다. 명시적으로 도시되지는 않았지만, 가중치 W가 스케일링/회전 모듈에 의해 알려짐을 가정한다. (도면은 주 데이터 경로들을 도시하고 모든 제어 경로가 도시되어있는 것은 아니라는 점에 주목함) 빔 입력 신호의 피크가 I-Q 평면상의 소정 각도에서 발생하기 때문에 회전이 필요하고, 빔 입력 신호에서 피크가 발생하는 각도와 일치하도록 PCP를 회전시킬 필요가 있다. 결합기(8-8a 및 8-8b)는 PAPR을 원하는 레벨로 감소시키기 위해 PCP 길이 지연 블록에 의해 제공된 지연된 빔 신호로부터 보정 신호를 감산한다.

[0038] 이 절차 세트는 송신 신호에서 대부분의 피크들이 제거되도록 여러 번 반복될 수 있다. 이것은 하드웨어에서 도 8의 다수의 복사본이 존재함을 의미한다. 선행 복사본의 빔 1, 2 출력은 각각 후속 복사본의 빔 1, 2 입력에 연결된다. 빔 입력 신호에 밀집된 피크 또는 넓은 피크가 있는 경우 여러 번 반복해야 할 수 있다. 단일 반복은 예를 들어, 제한된 하드웨어 처리 능력으로 인해, 피크들의 일부분만을 처리할 수 있다. 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되는 경우, PCP 생성기들 및 스케일러들(예시되지 않음)의 다수의 복사본을 사용하여 동일한 반복에서 밀집도가 높은 피크를 제거할 수 있다. 하드웨어 구현에서, PCP 생성기가 피크 제거 펄스의 샘플 값을 생성하는 동안 활성화되면, 하드웨어는 피크 제거 펄스의 지속 기간 동안 사용 중이다. 따라서, 이 기간 내에 취소해야 하는 빔 입력 신호에서 또 다른 피크가 있는 경우, 다른 세트의 PCP 생성기 및 스케일링/회전 하드웨어가 필요하다.

[0039] 각 빔에 대한 PCP는 개별 빔 신호들의 크기에 비례하여 스케일링된다. 예를 들어, 도 8에 도시된 이중-빔 실시예에서, M1, M2는 현재 샘플 시간 인스턴스에 대한 빔 신호 크기이고, W1, W2는 빔 조합 가중치이다. 크기 WW1 M1+W2 M2의 가중된 합이 피크로 간주되고  $W > T + \Delta$ 와 함께 매우 크다면, 여기서, T가 주어진 임계치이고  $\Delta$ 가 임계 마진인 경우, 빔 1 입력 및 빔 2 입력에 대한 PCP는, 각각, 다음과 같이 스케일링된다.

$$S_1 = M_1 \left(1 - \frac{T}{W}\right) \quad (\text{수식 2})$$

$$S_2 = M_2 \left(1 - \frac{T}{W}\right) \quad (\text{수식 3})$$

[0042] 임계 마진  $\Delta$ 의 목적은 중요하지 않은 피크들을 우회하기 위한 것이며,  $\Delta \approx 0.01T$ 는 양호한 값으로 판명된다. 도 8에서, 빔 1 및 빔 2 신호 각각은 복소 기저대역 채널, 즉 각 채널은 동 위상(I) 및 직교(Q) 컴포넌트를 갖는다. 특히, 스케일링/회전 블록(8-7a 및 8-7b)은 각 채널에 대한 PCP의 원하는 크기 스케일링 및 위상 회전을 달성하기 위해 각 채널에 대한 I 및 Q 컴포넌트를 독립적으로 스케일링하도록 설계된다.

[0043] 개별적인 빔 신호들 중 과도한 크기의 감소(즉, 임계치 위의 빔 크기의 가중된 합계의 초과), 즉, 비례 분포를 분배하는 특정 방법이 위에 제시되었다. 경우에 따라, 다중 빔 CFR 실시 예들의 성능은 개별 빔의 크기가 주어진 레벨 이하로 결코 감소되지 않는 작은 신호 보호 방법으로 개선될 수 있다.

[0044] 예를 들어, 2-빔 시나리오에서,  $L_1, L_2$ 는 그러한 작은 신호 보호 레벨을 나타내고,  $Z_1, Z_2$ 는 각각 빔 크기 및 보호 레벨 중 작은 것으로 한다.

[0045]  $Z_1 \triangleq \min(M_1, L_1)$  (수식 5)

[0046]  $Z_2 \triangleq \min(M_2, L_2)$  (수식 6)

[0047] 그리고, 소신호 보호 PCP 스케일링 팩터는 다음과 같다.

[0048]  $S'_1 = M_1 \left(1 - \frac{T'}{W}\right) - Z_1$  (수식 7)

[0049]  $S'_2 = M_2 \left(1 - \frac{T'}{W}\right) - Z_2$  (수식 8)

[0050] 여기서,  $T' \triangleq T - Z_1 - Z_2$  는 소신호 보호 레벨들을 고려한 후에 결합된 크기 임계치다. 경험적으로,  $L_1 \approx 0.02 M_1, L_2 \approx 0.02 M_2$  는 양호한 성능을 나타내는 소신호 보호 레벨이라는 것을 알 수 있다.

[0051] 초과 크기(즉,  $W - T$ )의 감소는 개개의 빔 신호에 분배된다. 분포는 각각의 개별 빔 신호가 레벨  $L_1, L_2$ 보다 크기가 작아지지 않도록 수행된다. 나머지 감소량은 비례하여(개별 빔 신호들 중 빔 입력 크기  $M_1, M_2$ 에 비례함) 나누어진다.

[0052] PCP의 크기는 스케일링 계수  $S'_1, S'_2$  를 곱하여 스케일된 보정 신호들을 형성한다.

[0053] 상술한 다중 빔 CFR-PC 구조가 대부분의 피크 검출기 구현에 적용 가능하지만, 직접-이웃 피크 검출기(immediate-neighbor peak detector)를 설명하는 실시 예가 다음 논의에서 가정된다(피크 제거 방법은 적절한 적응을 갖는 다른 피크 검출기 구현에 적용 가능할 것으로 예상되지만). 직접-이웃 접근법에 따르면:

[0054]  $W_i > W_{i-1} \wedge W_i \geq W_{i+1} \xrightarrow{\text{yields}} W_i \text{ is peak}$  (수식 4)

[0055] 여기서, 첨자는 샘플 시간 인스턴스를 나타낸다. 따라서  $W_i$  는 선행 및 후속 이웃들보다 크면 최고점으로 간주된다. 기존의 CFR-PC 모듈과 마찬가지로, 결합된 신호에서 대부분의 피크가 제거되도록 위의 단계를 여러 번 반복 수행할 수 있다.

[0056] 빔 1 출력의 출력 신호와 다중 빔 CFR 프로세스의 빔 2 출력은 더 이상 독립적이지 않다. 실제로 출력 신호들은 보완적인 방식으로 종속된다: 한 신호의 크기가 작으면 다른 신호는 커질 수 있다. 빔 신호는 이들이 합산될 때 원하는 PAPR 목표를 충족시키는 다중 빔 CFR 특성을 발생시키는 것은 바로 이러한 상보적 종속성이다.

[0057] 도 8의 조인트 피크 검출 및 감소 블록의 출력에서, 빔 신호들의 합은 원하는 PAPR 표적을 충족한다. 그러나, 개개의 빔 신호들의 PAPR은 결합된 신호의 PAPR과 같을 필요는 없다. 개별 빔 및 결합된 신호 모두에 대해 PAPR 설계 제약들이 존재하는 일부 애플리케이션에서는, 종래의 단일 빔 CFR 모듈들이 다중 빔 CFR 모듈에선 추가될 수 있는데, 이는 도 12에서 설명될 것이고, 개별+다중 빔 CFR 동작의 여러 번 반복들이 제공된다. 일반적으로 개별 CFR 스테이지는 다중 빔 CFR 스테이지로부터 서로 다른 임계치 및 반복 횟수를 가질 수 있다.

[0058] 도 9는 반복 클리핑(iterative clipping) 및 필터링을 이용하는 다중 빔 CFR 시스템에서 조인트 피크 검출 및 감소 블록(4-1)의 기능 블록도를 도시한다. 입력 빔 신호들은 모듈로 전달되고 CFR 된 후 빔 신호(beam signals after being CFR'ed)는 모듈에서 출력된다. 모듈로 전달되는, 2 개의 입력 빔, 빔 1 입력 및 빔 2 입력의 I 및 Q는 클립 블록(9-3a 및 9-3b)에 각각 결합된다. 클립 블록들은 주어진 임계치를 초과하는 피크를 잘라낸다. 동시에, 2 개의 입력의 크기가 좌표 변환 블록(8-1a 및 8-1b)에 의해 추출되어 각각 크기( $M_1$  및  $M_2$ )를 생성한다. 그 후, 이들 크기는 각각 승산기(8-3a 및 8-3b)에서 가중치 함수( $W_1$  및  $W_2$ )에 의해 스케일링된다. 가산기(8-4)는 2 개의 결과의 크기를 가산하고 그 결과 출력을 임계치 검출기(9-1)에 인가한다. 다중 빔 피크 검출기(9-1)에서, 빔 신호 크기의 가중된 합은 주어진 임계치와 비교된다. 임계치 검출기(9-1)는 결과 출력을 주어진 임계치와 비교하고 빔 1과 연관된 클립 블록들에 대해 노드(9-2a) 상의 빔 임계치들  $T_1$  및 빔 2와 연관된 클립 블록들에 대해 노드(9-2b) 상의  $T_2$ 를 할당한다. 앞의 설명에서와 같이,  $W_1, W_2$ 는 정보를 필요로 하는 모듈에 알려져 있다고 가정한다. 도면은 주요 데이터 경로를 나타내고 제어 경로 의존성 중 일부는 도시되지 않았다.

[0059] 클리핑 임계치의 비례 분포에 대해,  $T_1$  및  $T_2$ 는 다음과 같이 설정된다. 가중된 결합된 크기

$W \triangleq W_1 M_1 + W_2 M_2$  가 임계치 T보다 작거나 같은 경우, 클리핑 블록은 활성화되지 않는다. 그렇지 않으면, T1, T2 임계치는 다음과 같이 설정된다:

$$T_1 = M_1 T / W$$

$$T_2 = M_2 T / W$$

[0060]

[0061]

클리핑 블록들(9-3a, 9-3b)은 각각이 수신한 빔 임계치에 따라 빔 입력 신호를 클리핑한다. 피크를 클리핑한 후에, 빔 신호의 스펙트럼은 넓어지고, 이는 전송 채널의 대역폭을 초과 할 것이다. 빔 신호를 원래의 대역폭으로 복원하기 위해, 필터링 단계가 적용된다. 따라서, 빔 입력 신호가 클리핑된 후, 후속하는 필터(9-4a 및 9-4b)는 빔 입력 신호를 필터링한다. 필터의 구현은 설계 선택 사항이다. 전형적으로, 이는 도 15의 15-1a와 유사한 펄스-성형 필터일 것이다. 필터 블록이 뒤따르는 클리핑 블록의 블록 시퀀스는 CFR 정정(CFR correction)의 하나의 반복에 대응한다. 클리핑 및 필터링의 단일 반복 이후의 결과 신호는 빔 1 출력 및 빔 2 출력에서 각각 이용 가능하다.

[0062]

원래의 피크들보다 더 적지만, 필터링으로 인해 신호 피크가 다시 발생하는 경우이다. 따라서, 스펙트럼 확대를 최소화하면서 피크를 감소시키기 위해 클리핑 및 필터링의 반복적인 적용이 사용될 수 있음이 밝혀졌다. 도 9에 도시된 바와 같이, 클리핑 및 필터링의 단일 사이클이 사용될 수 있지만, 일반적으로 피크 감소 또는 왜곡 성능이 감소될 것이다. 따라서 실제로는 위의 단계들을 여러 번 반복 수행하는 것이 일반적이다. 반복적인 클리핑 및 필터링에 대한 자세한 내용은 J. Armstrong, "Peak-to-average power reduction for OFDM by repeated clipping and frequency domain filtering" ELECTRONICS LETTERS, Vol. 38, No.5, Feb. 2002를 참조한다.

[0063]

도 10은 하드 클리핑(hard clipping)을 채용하는 다중 빔 CFR을 포함하는 조인트 피크 검출 및 감소 모듈(4-1)의 실시 예를 예시한다. 입력 빔 신호는 모듈에 전달되고 CFR 된 이후의 빔 신호는 모듈에서 출력된다. 모듈로 전달되는 2 개의 입력 빔, 즉 빔 1 입력 및 빔 2 입력의 I 및 Q는 클리핑 블록들(9-3a 및 9-3b)에 각각 결합된다. 클리핑 블록은 주어진 임계치를 초과하는 피크를 클리핑한다. 동시에, 2 개의 입력의 크기는 좌표 변환 블록(8-1a 및 8-1b)에 의해 결정되어 각각 크기 M1 및 M2를 생성한다. 그 후, 이들 크기는 각각 승산기(8-3a 및 8-3b)에서 가중치 함수(W1 및 W2)에 의해 스케일링된다. 가산기(8-4)는 2 개의 결과적인 가중치를 가산하여 임계치 검출기(9-1)에 인가한다. 다중 빔 피크 검출기에서, 빔 신호 크기의 가중치 합은 주어진 임계치와 비교된다. 임계치 검출기(9-1)는 결과 출력을 주어진 임계치와 비교하고, 빔 1과 관련된 클리핑 블록(9-3a)에 대한 노드(9-2a)상의 빔 임계치 T1을 할당하고, 클리핑 블록에 대해 노드 9-2b에 빔 임계치 T2를 할당한다. 빔(2)과 관련된 제 2 빔(9-3b)을 도시한다. 클리핑 블록들(9-3a 및 9-3b)은 그들이 각각 수신한 빔 임계치들에 따라 빔 입력 신호들을 클리핑한다. 클리핑 블록의 단일 블록 시퀀스는 CFR 정정의 하나의 반복에 해당한다. 하드 클리핑을 한 번 반복한 결과 신호는 빔 1 출력 및 빔 2 출력에서 각각 사용할 수 있다.

[0064]

기존의 단일 빔 CFR 모듈들을 사용할 수 있는 응용 프로그램(예컨대, 전체 구현 노력을 감소시키거나 기존 모듈의 특정 속성을 활용)에서, 다중 빔 CFR은 단일 빔 CFR 모듈 주위에 사용자 정의 로직을 제공함으로써 실현될 수 있다. 이러한 구조는 도 11a에 도시된다. 이 2 개의 빔 예에서, 빔 1과 빔 2의 신호들의 크기는, 각각,  $W, W_2$  로 가중치가 적용되어 합쳐져 전통적인 단일 빔 CFR 모듈에 대한 입력을 형성한다. 전통적인 단일 빔 CFR 모듈의 출력은 개별 빔 신호의 크기를 형성하는 데 사용된다. 각 빔에 대해, 수정된 빔 당 크기가 빔의 원래 위상과 함께 (적절한 지연 후) 빔당 CFR 신호의 I, Q 컴포넌트를 재구성하는 데 사용된다. 예를 들어 전통적인 CFR 모듈은 단일 빔 반복 클리핑 및 필터 CFR 모듈, 또는 단일 빔 피크 제거 CFR 모듈일 수 있다.

[0065]

도 11a는 임베디드 싱글 빔 CFR 방법을 또한 채용하는 다중 빔 CFR을 포함하는 조인트 피크 검출 및 감소 모듈(4-1)의 일 실시 예를 도시한다. 입력 빔 신호들은 모듈로 전달되고 CFR된 후(after being CFR'ed) 빔 신호는 모듈에서 출력된다. 모듈에 인가되는, 2 개의 입력 빔, 즉 빔 1 입력 및 빔 2 입력의 I 및 Q는 좌표 변환 블록(8-1a 및 8-1b)에 각각 결합된다. 좌표 변환 블록들은 입력을 위상 P1 및 P2 및 크기 M1 및 M2 컴포넌트들로 변환한다. 위상 성분(P1 및 P2)은, 각각, 지연 블록들(11-5a 및 11-5b)에 의해 지연된다. 지연 블록들(11-5a, 11-5b)은 단일 빔 CFR 모듈(11-1) 및 크기 분포 모듈(11-2)의 처리 레이턴시(processing latency)를 설명하므로, 지연 위상들(P1, P2) 및 CFR의 크기들(M1, M2)은 동기화된 시간 인스턴스들에서, 각각, 좌표 변환 모듈들(8-1c, 8-1d)에 도달한다. 그 후, 이들 크기들은 각각 승산기(8-3a 및 8-3b)에서 가중치 함수(W1 및 W2)에 의해 스케일링된다. 가산기(8-4)는 2 개의 결과적인 크기를 가산하고 결과적인 출력을 단일 빔(CFR)(11-1)에 전달한



다. 다중 빔 피크 검출기에서, 빔 신호 크기의 가중된 합계가 주어진 임계치와 비교된다.

[0066] 단일 빔 CFR 블록(11-1)은 예컨대, 하드 클리핑(HC), 반복 클리핑 및 필터링(ICF) 및 피크 제거(PC)와 같은 다른 공지된 피크 감소 방법으로 대체될 수 있다. 단일 빔 CFR 블록(11-1)의 출력은 크기 분배기 블록(magnitude distributor block)(11-2)에 대한 입력으로서 결합된다. 크기 분포 블록(11-2)은 출력 노드(11-3a 및 11-3b)에서 개별 크기 파형을 생성한다. 이 출력들에서의 파형은 원래의 입력 빔 1과 빔 2의 값의 진폭에 비례하여 변화한다. 도면에 도시되지는 않았지만,  $W_1$ ,  $W_2$ 가 모듈에 알려져 있다고 가정한다. 좌표 변환 블록(8-1c)은 빔(1)과 연관된 위상( $P_1$ )과 CFR된 크기( $M_1$ )를 결합하여 빔(1) 출력을 생성한다. 좌표 변환 블록(8-1d)은 빔(2)과 연관된 위상( $P_2$ )과 CFR된 크기( $M_2$ )를 결합하여 빔(2) 출력을 생성한다.

[0067] 도 11a에서, 본 실시 예의 크기 분배기(Magnitude Distributor)는 앞에서 설명한 것과 유사하게 CFR의 합 크기를 각 빔에 비례하여 분배한다.  $M_1, M_2$ 는 각각, 전통적인 단일 빔 CFR 모듈의 출력인 빔 1, 2 및 C의 원래 크기로 한다. 빔 1, 2에 대한 수정된 크기는 다음과 같이 표시된다:

[0068] 
$$M'_1 = M_1 C / (W_1 M_1 + W_2 M_2) \quad (\text{수식 9})$$

[0069] 
$$M'_2 = M_2 C / (W_1 M_1 + W_2 M_2) \quad (\text{수식 10})$$

[0070] ( $M_1$ ,  $M_2$ , 및  $W_1 M_1 + W_2 M_2$ 는 도면에서 명확하게 도시되지는 않았지만, 크기 분배기(11-2)에 입력으로서 공급될 필요가 있음을 다시 한번 주목한다).

[0071] 또 다른 예로서, 보호 레벨들( $L_1, L_2$ )의 소 신호 보호 방법을 사용하는 것을 고려한다. 이 경우 수정된 크기는 다음과 같다.

[0072] 
$$M'_1 = \frac{M_1 C'}{W_1 M_1 + W_2 M_2} + Z_1 \quad (\text{수식 11})$$

[0073] 
$$M'_2 = \frac{M_2 C'}{W_1 M_1 + W_2 M_2} + Z_2 \quad (\text{수식 12})$$

[0074] 여기서,  $Z_1 \triangleq \min(M_1, L_1)$ ,  $Z_2 \triangleq \min(M_2, L_2)$ ,  $C' \triangleq C - Z_1 - Z_2$  (수식 13)

[0075] 도 11b는 위상 어레이의 복수의 빔 입력들 각각으로부터 동시에 선택된 처리 샘플들의 하나의 반복을 도시하는 흐름도(11-6)를 도시한다. 이 흐름도는 다중 빔 CFR 프로세스에 대한 전체 프로세스 흐름의 단순화된 서브 집합 흐름을 나타낸다. 예시된 실시 예는 복수의 빔 입력들로부터의 샘플들이 PAPR을 감소시키기 위해 어떻게 처리되는지를 나타낸다. 시작(11-7)에서, 위상 어레이로부터 전송될 복수의 빔 입력이 수신된다(11-8). 복수의 빔 중 각각의 빔의 크기는 샘플링된다(11-9).

[0076] 설명된 실시 예는 디지털 도메인에서 동작한다. 전형적으로, 송신 신호는 기지국에서 생성되고 신호 생성시 이미 디지털 도메인에 있다. 샘플링 주파수는 통신 표준들, 예컨대 LTE 표준들에서 특정되고, 샘플링 주파수는 대응하는 아날로그 신호가 충실하게 재생될 수 있도록 하기 위해 나이퀴스트 주파수(Nyquist frequency)보다 커질 것이다.

[0077] 이러한 샘플링된 크기들(가중치가 1과 같지 않음)은 함께 합산되어 결합된 신호 크기를 형성한다(11-10). 결정 블록(11-11)은 결합된 신호 크기가 주어진 임계치보다 큰지 여부를 결정하도록 구성된다. 결합된 신호 크기가 주어진 임계치보다 작으면, 흐름은 콜렉터(collector)(11-18)를 통해 완료(Done)(11-19)로 진행한다. 그러나, 결합된 신호 크기가 소정의 임계치보다 크면, 감소 기술(11-12)은 적어도 3 개의 상이한 감소 방법들로부터 선택된다: 반복적인 클리핑 및 필터링(11-13), 하드 클리핑(hard clipping)(11-14), 또는 피크 제거(peak cancellation)(11-16). 일반적으로, 설계 과정 중에 미리 선택된다. 일단 기술이 선택되면, 그것은 구현되고 선택된 기술은 모든 샘플들에 적용된다. 다른 기술들을 선택하는 기준은 구현 복잡성, 처리 레이턴시 및 최대 감소 성능이다. 대안으로, 선택은 시간에 환경의 조건에 가장 적합한 기법이 무슨 기술인지에 따라 실시간으로 수행될 수 있다.

[0078] 반복적인 클리핑 및 필터링(11-13)은, 결합된 신호 크기가 소정의 임계치를 초과하고 신호를 필터링하는, 양에

비례하여 복수의 빔 입력을 클리핑한다. 하드 클리핑(hard clipping)(11-14)은 결합된 신호 크기가 주어진 임계치를 초과하는 양에 비례하여 복수의 빔 입력을 클리핑한다. 피크 제거(11-16) 방법의 경우, 결정 블록(11-15)은 샘플이 로컬 최대 값인지를 결정하도록 구성된다. 샘플이 로컬 최대 값이 아니면, 흐름은 콜렉터(11-18)로 이동하고 프로세스는 11-19에서 완료된다. 그렇지 않으면, 피크 제거(11-16) 방법은 미리 기록된 피크 제거 펄스(PCP)를 적어도 현재 샘플에 적용하여 이 샘플의 값을 감소시킨다. 콜렉터(11-17)는 3 개의 선택된 방법들로부터 하나의 선택된 기술의 결과를 콜렉터(11-18)로 라우팅한다. 흐름은 콜렉터(11-18)를 통해 계속되어 CFR 프로세스의 하나의 반복을 완료한다(11-19).

[0079] 도 12는 조인트 피크 검출 및 감소 블록의 2 번의 반복에 선행되는 종래의 단일 빔 CFR 모듈의 2 번의 반복들을 이용하는 모듈의 블록도(12-1)를 나타낸다. 단일 빔 CFR 모듈은 도 14에 예시된 바와 같이, 결합된 PAPR 및 개별 PAPR 모듈을 그들의 각각의 설계 목표를 충족시키도록 다중 빔 CFR 모듈에 부가한다. 단일 빔 또는 다중 빔 CFR의 다중 반복은 대부분의 피크가 감소되도록(단일의 반복은 제한된 하드웨어 처리 능력으로 인해 피크의 일부만 감소시킬 수 있음), 또는 피크 감소 대 신호 왜곡과 관련하여 더 나은 성능을 달성하도록 사용된다. 단일 빔 또는 다중 빔 CFR의 반복 횟수는 일반적으로 오프라인 테스트 신호에 대한 시뮬레이션에 기반하여 선택적으로 결정된다. 전형적으로, 그러한 반복의 수는 2 내지 4의 범위이다. 도 12에서, 단일 빔 CFR의 2 회 반복 및 다중 빔 CFR의 2 회 반복이 단지 예시로서 도시되었다. 반복 횟수는 다른 설계들에 따라 달라질 수 있다.

[0080] 일반적으로, 개별적인 CFR 스테이지는 각각의 반복에 대해 상이한 임계치들 또는 동일한 임계치를 가질 수 있다. 유사하게, 다중 빔 CFR 블록들은 반복들의 각각에 대해 상이한 임계치들 또는 동일한 임계치들을 가질 수 있다. 또한, 하드 클리핑(HC), 반복 클리핑 및 필터링(ICF), 또는 피크 제거(PC) 방법 중 어느 하나가 단일 빔 CFR 블록 및 조인트 피크 검출 및 감소 블록에서 사용될 수 있다.

[0081] 도 13은 표준 E-TM3.1(64QAM) 테스트 파형을 사용하여, 2 개의 빔들을 갖는 20-MHz LTE 다운 링크 채널에서 평가된 조인트 피크 검출 및 감소 블록의 4 회 반복을 사용하여 LTE 신호에서 신호 피크의 확률을 표시하는 그래프(13-1)를 나타낸다. 반복적 클리핑 및 필터링을 갖는 다중 빔 CFR이 사용되었다. 도 13을 참조하면, 그래픽 결과들은 단일 빔 CFR 블록들이 경로로부터 제거되는 동안 직렬로 연결된 4 개의 조인트 피크 검출 및 감소 블록을 사용하는 것에 대응한다. 결합된 PAPR(13-4)은 평균 전력보다 8dB 높다. 그러나, 단일 빔 CFR 블록이 사용되지 않았기 때문에, 개별 빔들에 대한 개별 PAPR(13-2 및 13-3)은 평균 전력보다 약 10.5dB 높거나 공동 결과보다 약 2.5dB 더 높다. 결합된 PAPR은 8-dB 설계 목표를 만족한다는 것을 주목해야 한다. 그러나, 개별 CFR 블록이 사용되지 않는 이후, 개별 PAPR은 8-dB 설계 목표를 충족시키지 못했다.

[0082] 도 14는, 표준 E-TM3.1(64QAM) 테스트 파형을 사용하여, 2 개의 빔들로 20MHz에서 평가된 조인트 피크 검출 및 감소 블록의 네 번의 반복이 뒤따르는, 단일 빔 CFR 블록의 네 번의 반복을 사용하여 LTE 신호에서의 신호 피크의 확률을 표시하는 그래프(14-1)를 나타낸다. 도 12를 참조하면, 그래픽 결과들은 직렬로 연결된 4 개의 조인트 피크 검출 및 감소 블록에 직렬로 연결된 단일 빔 CFR 블록의 4 개의 세트의 경우에 대한 결과에 대응한다. 결합된 PAPR(14-3)은 평균 전력보다 8dB보다 작지만, 개별 PAPR은 평균 전력보다 약 8dB이다. 개별 및 다중 빔 각각이 4 번 반복되는 결합된(개별 +) 다중 빔 CFR 시스템은 모든 결과의 PAPR을 약 8dB로 감소시킨다. 개별 CFR 블록이 다중 빔 CFR 블록들과 함께 사용될 때, 결합된 모든 PAPR 및 개별 PAPR은 8dB 설계 목표를 충족시킨다.

[0083] (개별 +) 다중 빔 CFR 시스템(12-1)은 도 15의 실시 예에 도시된 바와 같이 전형적인 DFE(디지털 프론트 엔드) 아키텍처에 통합될 수 있다. RF 디지털 프론트 엔드(DFE) 시스템은 (개별 +) 다중 빔 CFR 시스템(12-1)이 디지털 아날로그 변환기(D/A), 위상 회전, 및 상향 변환 블록들(15-3a 및 15-3b) 앞에 위치하지만, 송신 펄스 성형 필터들(15-1a 및 15-1b) 및 보간기들(interpolators)(15-2a 및 15-1b) 이후에 적용된다는 것을 도시한다. 펄스 성형 필터는 신호 대역폭이 채널 대역폭 내에 머물도록 송신 신호의 과도한 스펙트럼 성분을 제거하는 데 사용된다. 보간기들은 송신 신호의 샘플링 레이트를 증가시키는데 사용된다. 더 높은 샘플링 레이트는 디지털-아날로그 변환 프로세스를 돕는다.

[0084] (개별 +) 다중 빔 CFR 시스템(12-1)의 다른 구성들은 적어도 하나의 조인트 피크 검출 및 감소 블록 및/또는 적어도 하나의 조인트 피크 검출 및 감소 블록이 뒤따르는 적어도 하나의 단일 빔 CFR 블록을 포함할 수 있다. 빔 입력은 펄스 성형 필터(15-1a 및 15-1b)에 결합된다. 펄스 성형 필터로부터의 신호는 보간기들(15-2a 및 15-2b)에 결합되고, 그 출력은 (개별 +) 다중 빔 CFR 시스템으로 전달된다. (개별 +) 다중 빔 CFR 시스템으로부터의 출력 신호들은 가산기(3-6)에 도달하기 전에 D/A 변환되고, 회전되고 스케일링된 다음, 업 변환(15-3a 및 15-3b)된다. 최종 송신기 프로세싱 단계에서, 상이한 빔 신호들은 전력 증폭기(3-8)를 통과하기 전에 함께 합산

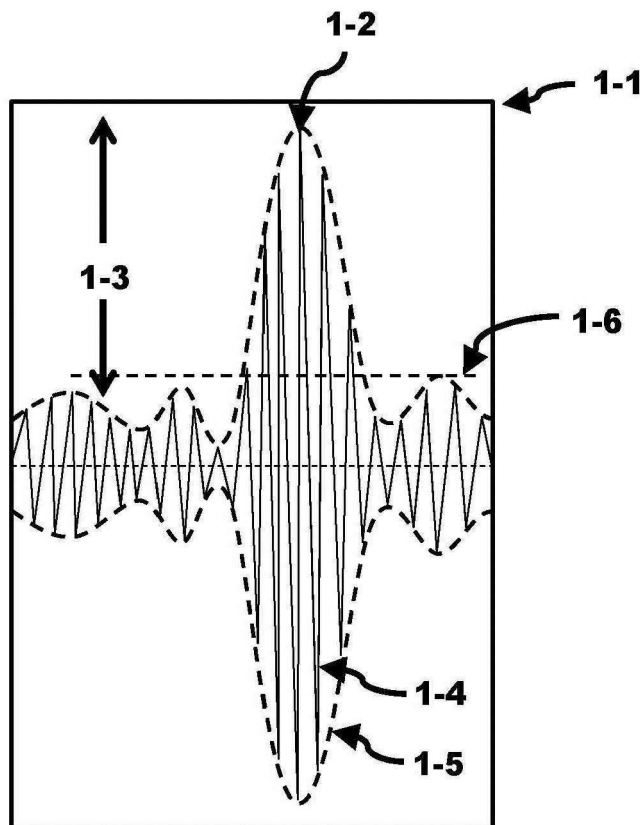
된다.

- [0085] 도 16a는 제 1 빔 입력 신호의 파형(16-2) 및 도 12에 도시된 시스템에 대한 LTE 신호의 출력 파형(16-3)을 표시하는 시간 도메인 플롯(16-1)을 도시하는데, 이는 단일 빔 CFR 블록의 두 번의 반복에 뒤이어 조인트 피크 검출 및 감소 블록의 두 번 반복을 포함한다. 결과들은 표준 E-TM3.1(64QAM) 테스트 파형을 사용하여, 2 개의 빔들을 갖는 20-MHz LTE 다운 링크 채널에서 평가된다. 출력 파형(16-3)은 주어진 개별 임계치(2-4)와 정확히 일치한다. 빔 1 입력 신호 크기는 임계치보다 높고, 그 대응하는 출력 신호 크기(16-3)는 처리 후에 임계치보다 낮다는 것을 유의해야 한다.
- [0086] 도 16b는 제 2 빔의 파형(16-5) 및 도 12의 시스템에 대한 LTE 신호의 출력 파형(16-6)을 디스플레이하는 시간 도메인 플롯(16-4)을 도시하는데, 이는 단일 빔 CFR 블록의 두 번의 반복에 뒤이어 조인트 피크 검출 및 감소 블록의 두 번 반복을 포함한다. 결과들은 표준 E-TM3.1(64QAM) 테스트 파형을 사용하여 2 개의 빔을 갖는 20-MHz LTE 다운 링크 채널에서 평가된다. 출력 파형(16-6)은 주어진 임계치(2-4) 아래에 있다. 빔 2 입력 신호 크기는 시작하는 임계치 이하이며, 대응하는 출력 신호 크기는 여전히 처리 후에 임계치 아래이다.
- [0087] 도 16c는 도 12의 시스템에 대한 LTE 신호의 2 개의 빔(점선) 및 출력 파형(실선)의 결합된 파형을 디스플레이하는 시간 영역 플롯(16-11)을 도시하고, 이는 단일 빔 CFR 블록의 두 번 반복에 뒤이어 단일 빔 CFR 블록과 조인트 피크 검출 및 감소 블록의 두 번 반복을 포함한다. 결과들은 표준 E-TM3.1(64QAM) 테스트 파형을 사용하여 2 개의 결합된 빔들을 갖는 20MHz LTE 다운 링크 채널에서 평가된다. 출력 파형의 피크(16-8 및 16-10)는 결합된 임계치(7-3) 아래에 있다. 결합된 빔 입력 신호 크기는 임계치보다 높고 그 대응 출력 신호 크기는 처리 후에 임계치 아래에 있다 것에 유의해야 한다.
- [0088] 개별 + 다중 빔 PC-CFR 방법의 성능은 표준 E-TM3.1(64QAM), E-TM3.2(16QAM), 및 E-TM3.3(QPSK) 테스트 파형들을 사용하는 2 개의 빔을 갖는 20MHz LTE 다운 링크 채널에서 평가된다. ACLR 및 EVM은 LTE 표준에 따라 측정되며, PAPR은 0.0001 %로 측정된다. 결과들은 도 17에 나타난 표에 요약하였다. 평가는 MATLAB 부동 소수점 모델에 기반하고,  $\pm$  값들은 100 쌍의 독립적인 10ms 테스트 신호에 대한 표준 편차들에 대응한다. ACLR 목표는 70dBc 이상으로 설계되고, 개별 PAPR 목표 및 원하는 PAPR 목표는 모두 8dB로 설정된다. 결합된 신호들에 대해, 위상 어레이 애플리케이션이 가정되고, PAPR 통계치는 24 개의 안테나 엘리먼트들에 걸쳐 취해진다. 각각의 요소에서, 균일한 무작위 위상 회전이 2 개의 빔 신호에 적용되고 뒤이어 합산된다. 모든 경우에 있어서, 결과적인 EVM은 표준에서 제공된 대응하는 LTE EVM 한계의 절반 이하라는 것을 알 수 있다.
- [0089] 개별 + 다중 빔 PC-CFR 방법의 하드웨어 구현은 중간 범위 FPGA 디바이스를 목표로 하는 16 비트 고정 소수점을 갖는 VHDL을 사용하여 구현되었다. VHDL RTL 시뮬레이션 결과들은 MATLAB 부동 소수점 모델과 밀접하게 일치한다. 구현된 하드웨어 모듈은 대기 시간이  $6.2\mu s$ 이고, FPGA 이용은 디바이스 자원의 약 10 %를 소비한다.
- [0090] 본 명세서에 개시된 조인트 피크 검출 및 감소 블록의 시스템 및 방법들은 범용 또는 특수 목적 컴퓨터 또는 소프트웨어를 통해 프로그래밍된 다른 프로그램 가능한 하드웨어 디바이스 상에 구현될 수 있거나, 또는 하드 와이어링(hard wiring)을 통해 "프로그래밍된" 하드웨어 또는 장비로서, 또는 둘의 조합으로 구현될 수 있다. 하드웨어의 일부 예들은 FPGA, 완전한 주문형 설계 칩, DSP, 내장형 프로세서 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 컴퓨터 판독가능 매체는 적어도 하나의 프로세서에 의한 그 프로그램의 실행이 적어도 하나의 조인트 피크 검출 및 감소 방법을 수행하도록 컴퓨터 프로그램으로 인코딩될 수 있다.
- [0091] 본 명세서에 개시된 조인트 피크 검출 및 감소 방법(즉, 다중 빔 CFR 방법)을 위한 알고리즘은 범용 또는 특수 목적 컴퓨터 또는 소프트웨어를 통해 프로그램된 다른 프로그램가능한 하드웨어로서 구현될 수 있거나, 또는 하드 와이어링(hard wiring)을 통해 "프로그래밍된" 하드웨어 또는 장비로서, 또는 둘의 조합으로 구현될 수 있다. "컴퓨터"(예를 들어, 온라인 액세스 장치)는 단일 기계 또는 프로세서를 포함할 수 있거나 다수의 상호 작용하는 기계들 또는 프로세서들을 포함할 수 있다(단일 위치 또는 서로 멀리 떨어진 다수 위치에 위치함).
- [0092] 컴퓨터 판독가능 매체는 다중 빔 CFR 알고리즘을 구현하는 컴퓨터 프로그램으로 인코딩될 수 있어서, 적어도 하나의 컴퓨터에 의한 다중 빔 CFR 프로그램의 실행은 적어도 하나의 컴퓨터로 하여금 본원에 개시된 방법을 수행하도록 한다. 적절한 매체는 하드 드라이브들, 썸드라이브들(thumb drives), 플래시 메모리, 광학 매체, 자기 매체, 반도체 매체, 또는 임의의 미래 저장 대안들을 함께 동작시키는, 네트워크 기반 또는 인터넷 기반 또는 소프트웨어 모듈의 다른 방법의 분산된 저장장치와 같은, 임시 또는 영구 저장 장치 또는 교체 가능한 매체를 포함할 수 있다. 이러한 매체는 또한 전술한 정보를 기록하는 데이터베이스에 사용될 수 있다.
- [0093] 이들 컴퓨터 프로그램들(프로그램들, 소프트웨어, 소프트웨어 애플리케이션 또는 코드로도 알려짐)은 프로그램

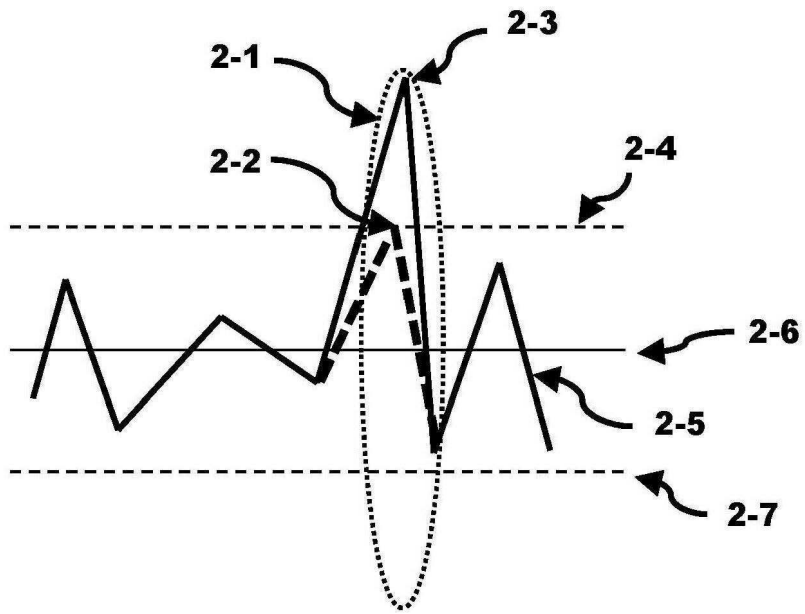
가능 프로세서에 대한 기계 명령어들을 포함하고, 높은 레벨 절차 및/또는 객체 지향 프로그래밍 언어, 및/또는 어셈블리 언어로 구현될 수 있다. 다중 빔 CFR 방법 및 장치의 실시 예들이 2 개 또는 3 개의 빔 입력들을 조합하여 기술되었지만, 통상의 기술자라면 본 개시가, 원한다면 동일하게 기술된 원리들을 이용하여 임의의 복수의 빔 입력들을 결합하는데 사용될 수 있다는 것을 인식할 것이다. 일반적으로, 주어진 전력 증폭기에 대한 주어진 빔에 대한 데이터 경로는 위상 회전 이외에 가변 이득을 거칠 수 있다. 가변 이득은 회전 불변의 품질에 영향을 미치지 않는다. 신호들 중 하나에 인가되는 가변 이득은 동일한 이득을 피크 전력에 적용할 뿐만 아니라 동일한 이득을 그 단일 신호의 평균 전력에 적용하게 한다. 따라서, 가변 이득을 겪은 후에, 원하는 PAPR은 가변 이득의 크기의 독립적인 상수로 남는다. 또한, 상향 변환 동작(기저대역 신호를 무선 주파수 신호로 변환)은 위상 회전 전 또는 후에 발생할 수 있다. 또한, 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터 프로그램으로 인코딩될 수 있어서, 위상 및 진폭 조정 방법 중 하나 이상을 수행하기 위해 하나 이상의 프로세서에 의한 그 프로그램의 실행이 가능하다. 이들 원리에 따라, 통상의 기술자는 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서 다양한 변경을 할 수 있다. 예를 들어, 네트워크 및 휴대형 시스템은 시분할 다중 접속(Time Division Multiple Access, TDMA), 주파수 분할 다중 접속(Frequency Division Multiple Access, FDMA), 코드 분할 다중 접속(Code Division Multiple Access, CDMA), 직교 주파수 분할 다중화(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM), 초광대역(Ultra Wide Band, UWB), Wi-Fi, WiGig, 블루투스 등이 있다. 통신 네트워크는 전화 네트워크, IP(인터넷 프로토콜) 네트워크, 로컬 영역 네트워크(LAN), 애드혹 네트워크들, 로컬 라우터들 및 다른 휴대용 시스템을 포함할 수 있다. "컴퓨터"는 단일 기계 또는 프로세서를 포함할 수 있거나 다수의 상호 작용하는 기계 또는 프로세서를 포함할 수 있다(단일 위치 또는 서로 멀리 떨어진 다수 위치에 위치 함).

## 도면

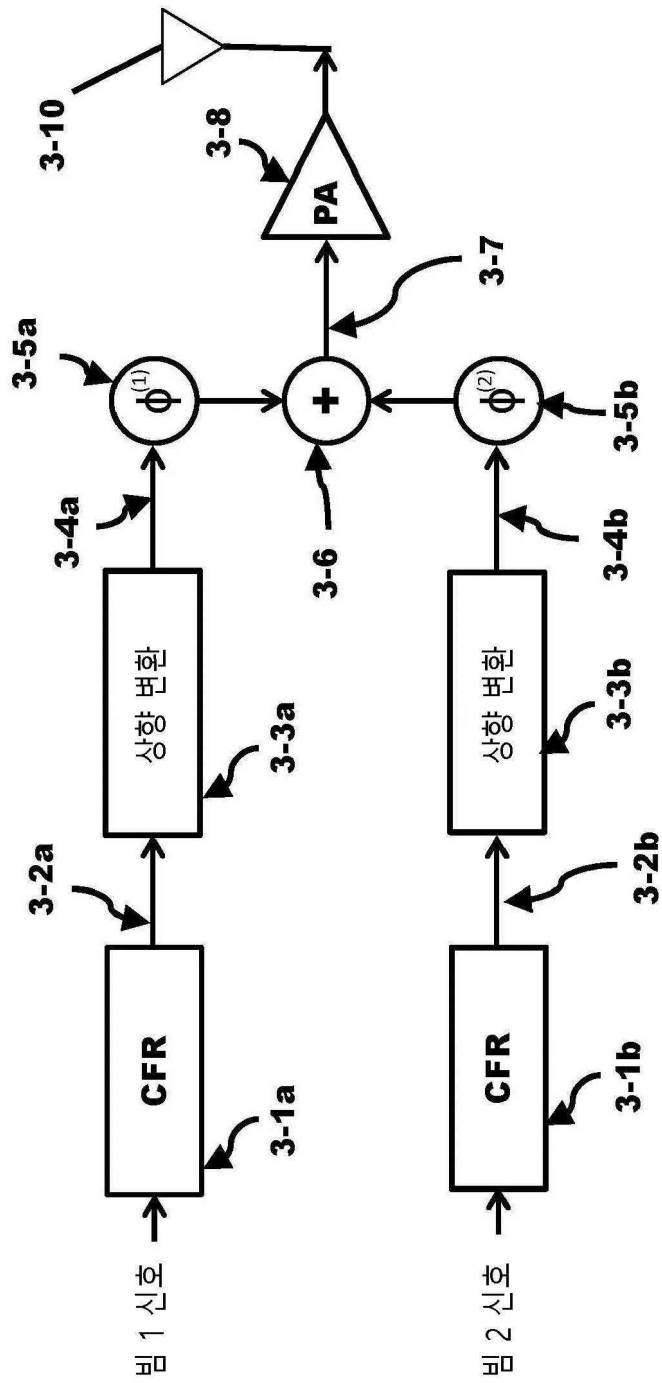
### 도면1



도면2

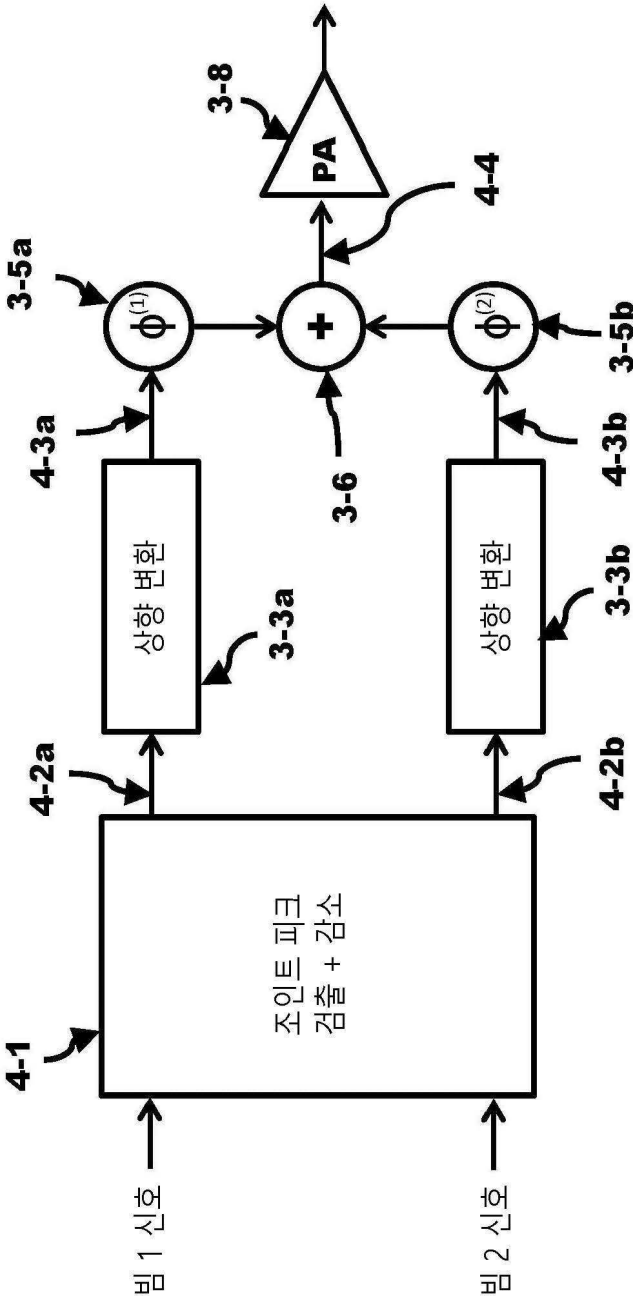


도면3



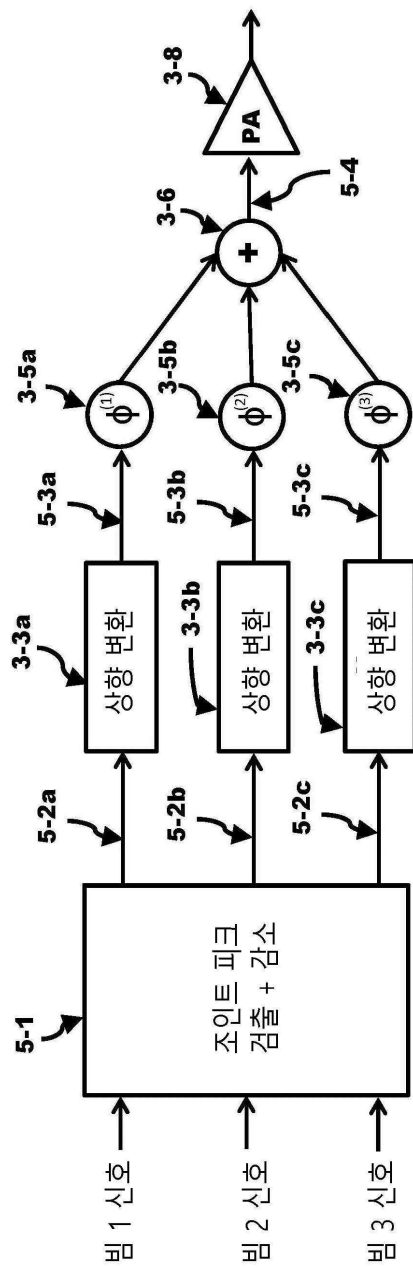


도면4

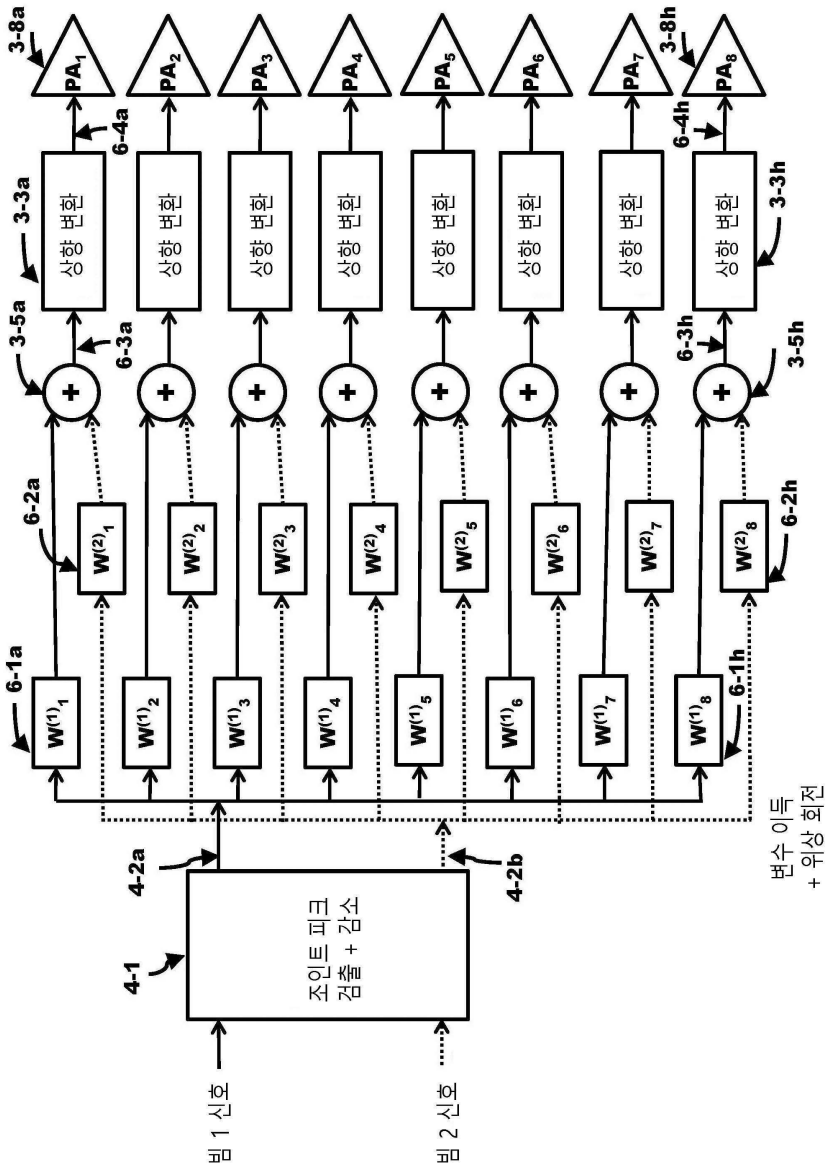




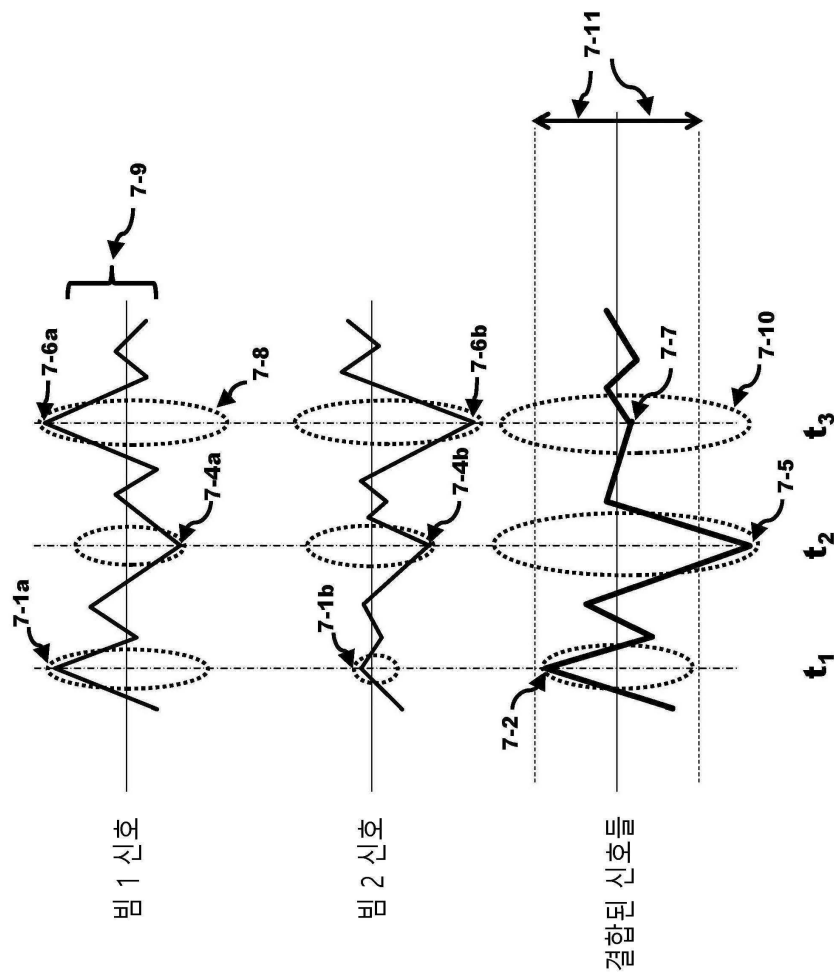
도면5



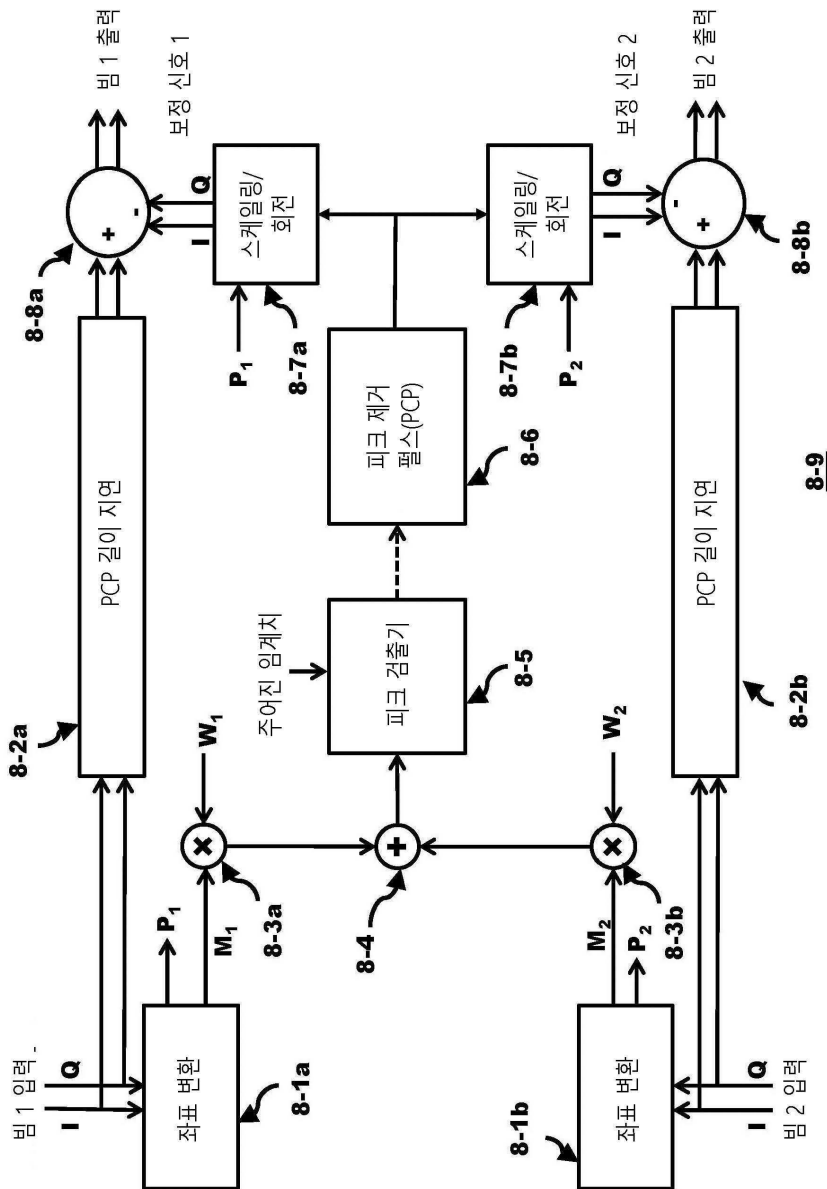
도면6



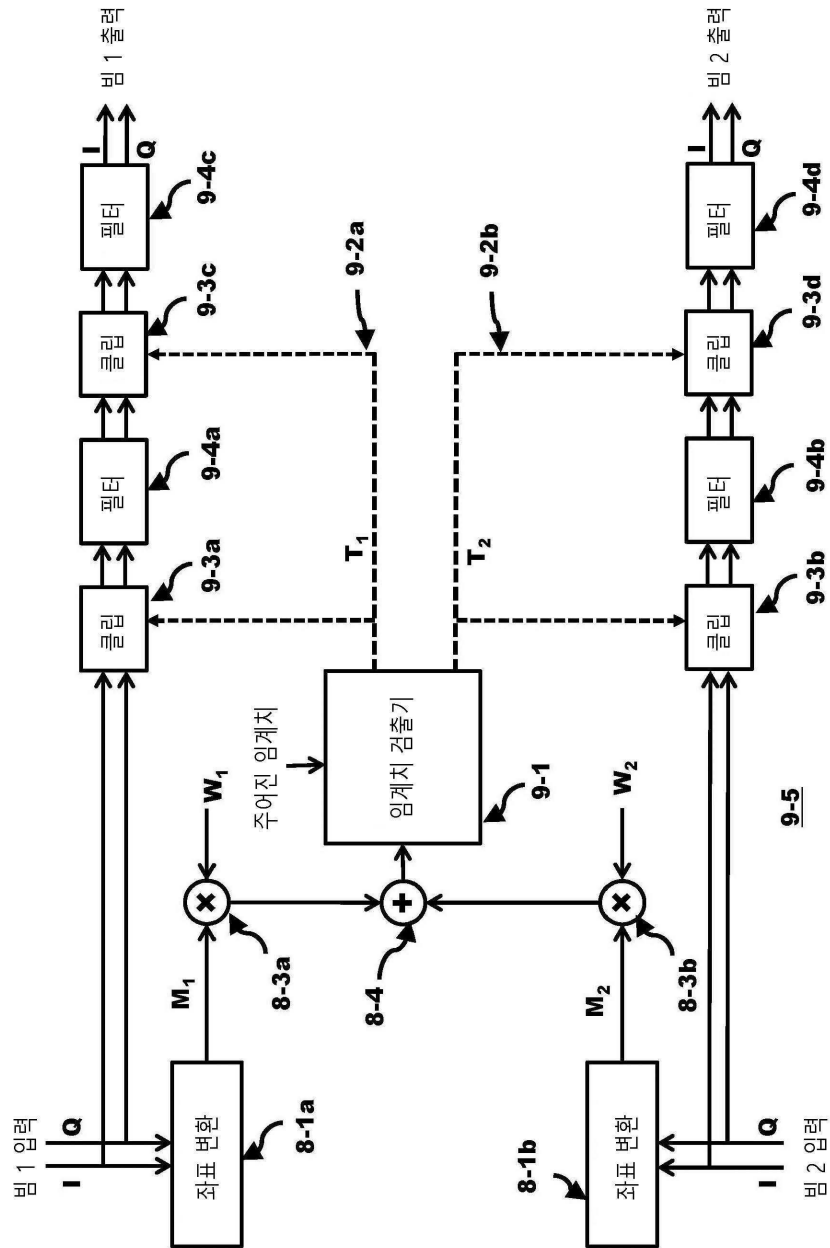
도면7



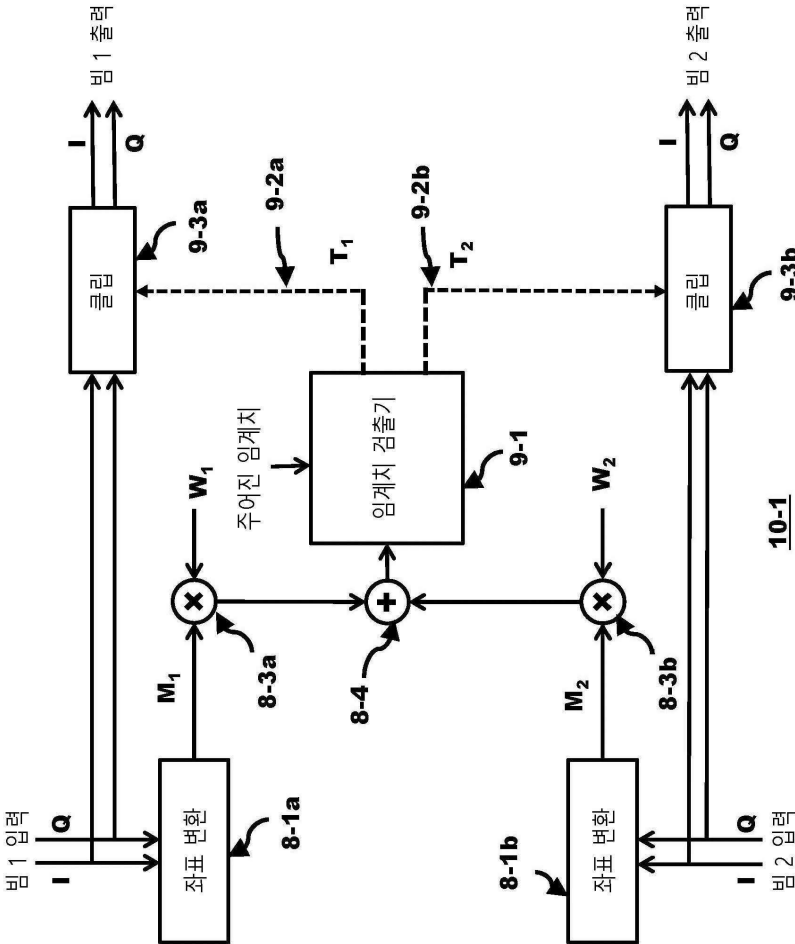
도면8



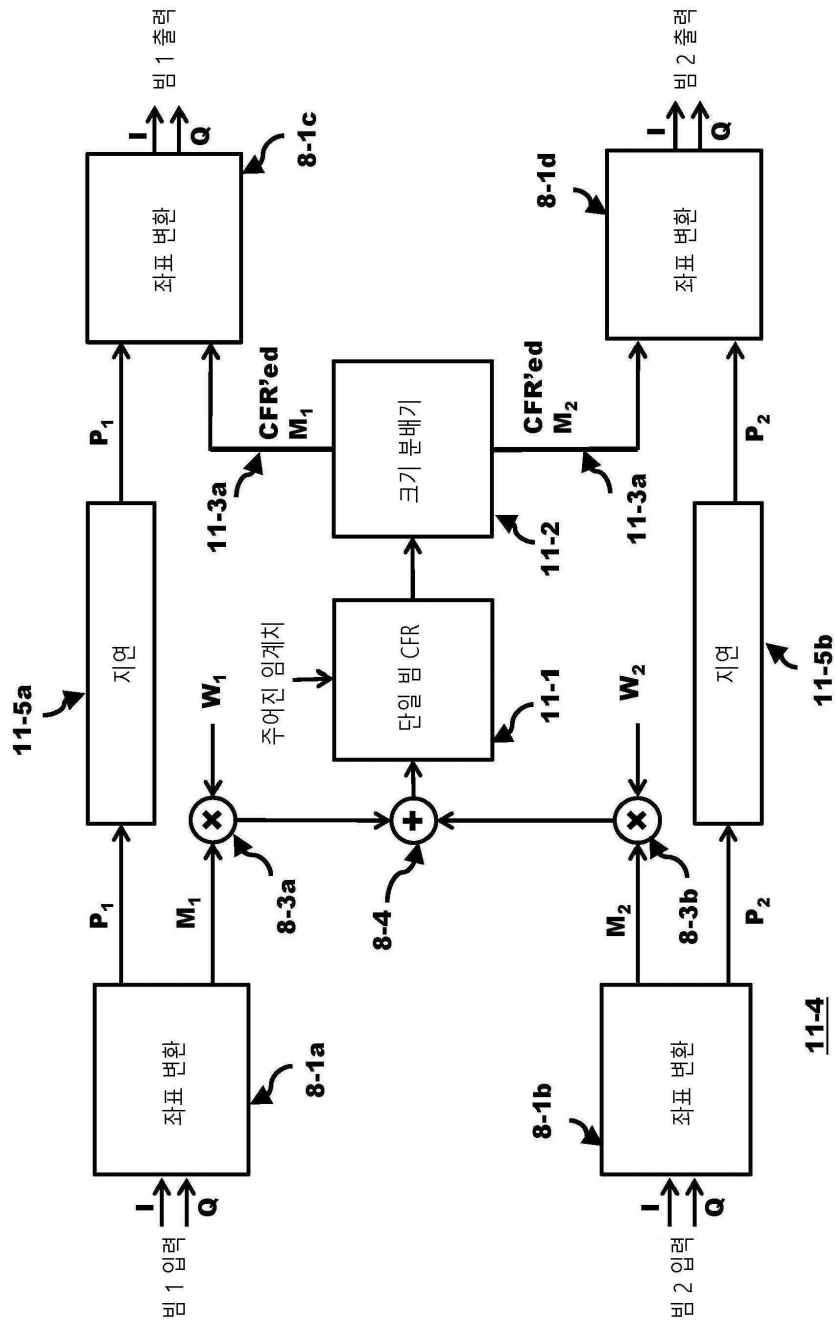
도면9



도면10

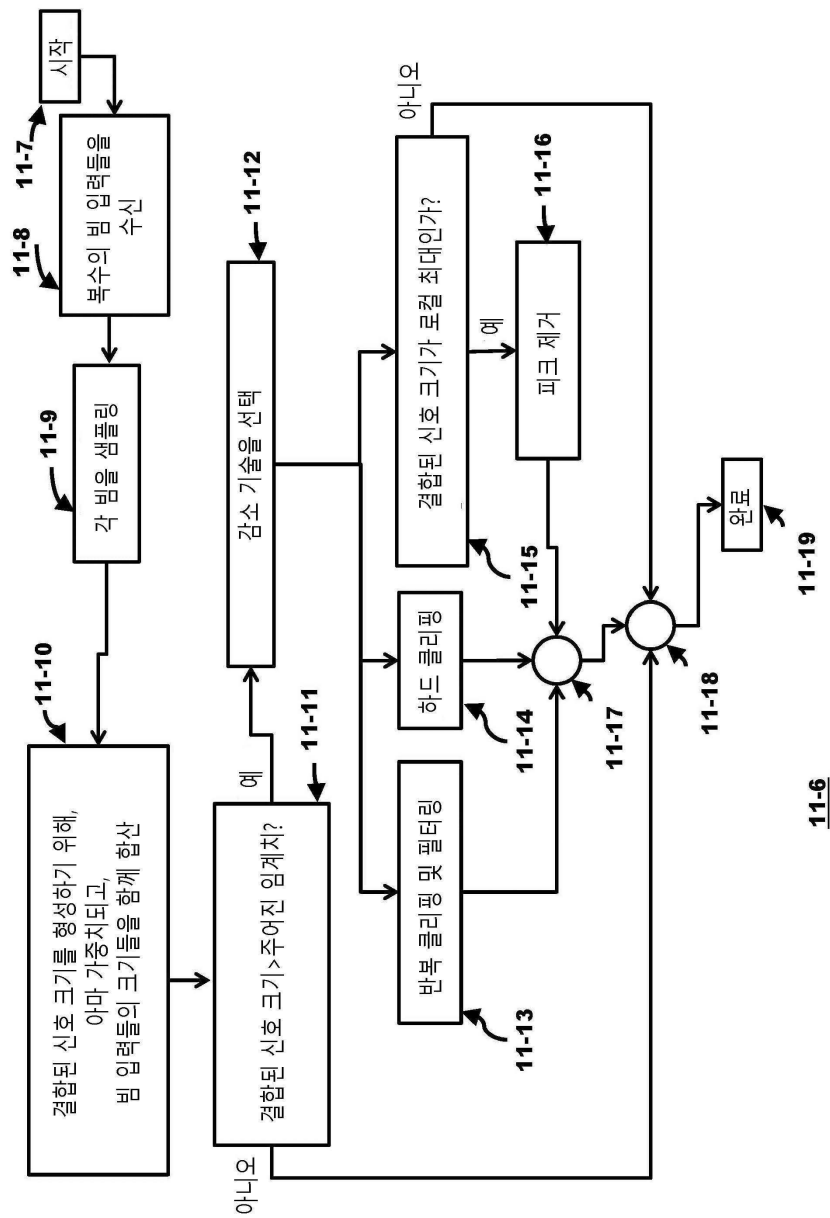


도면11a

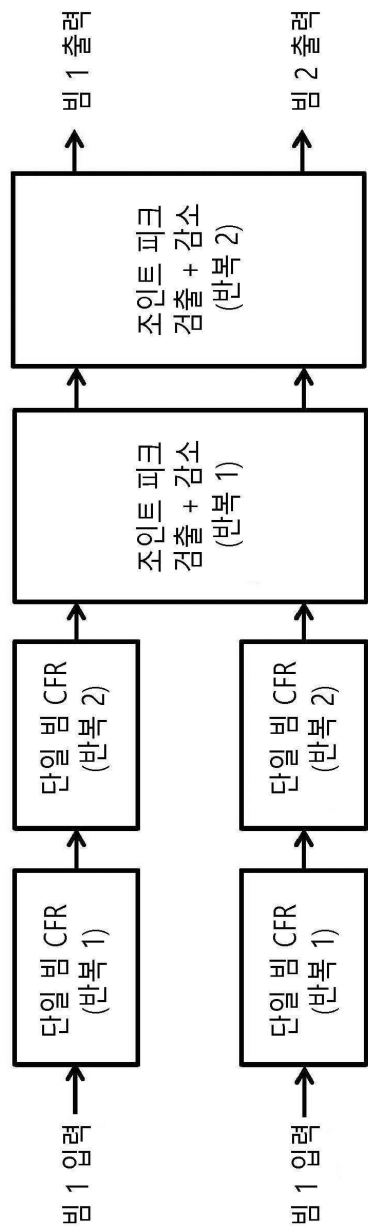




도면11b

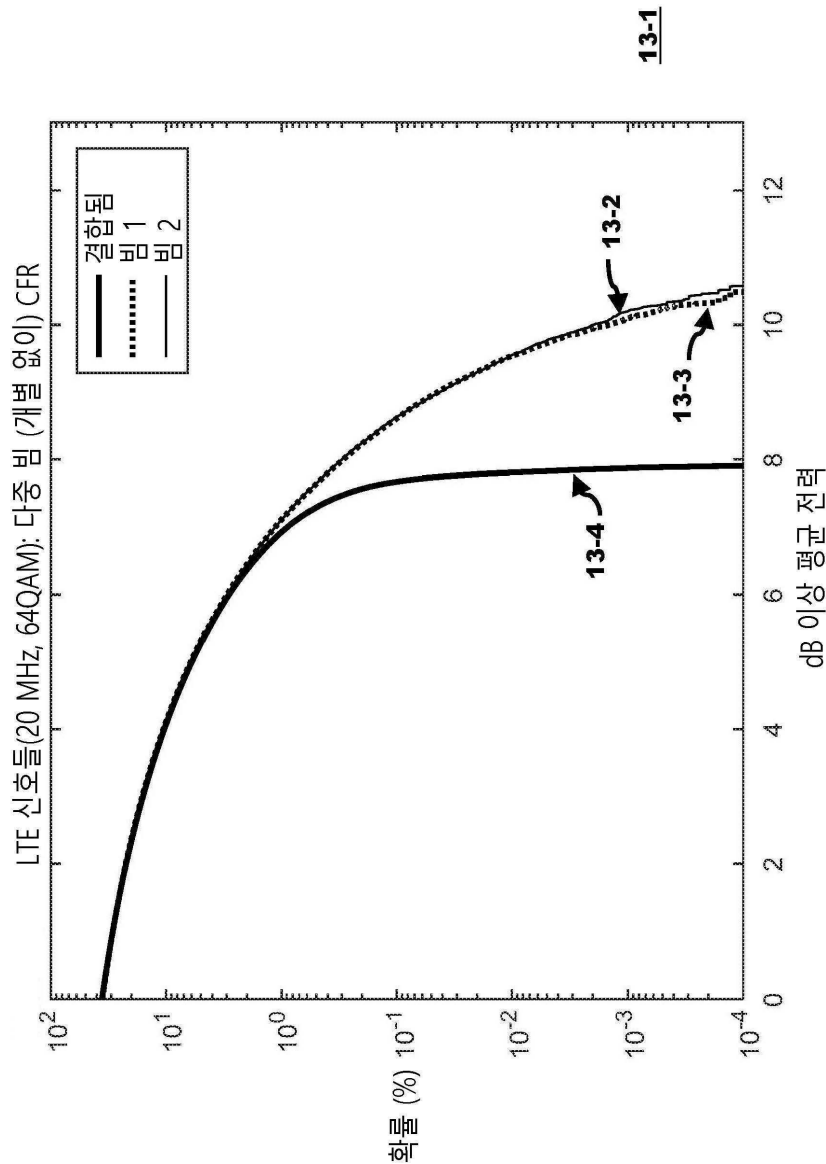


도면12

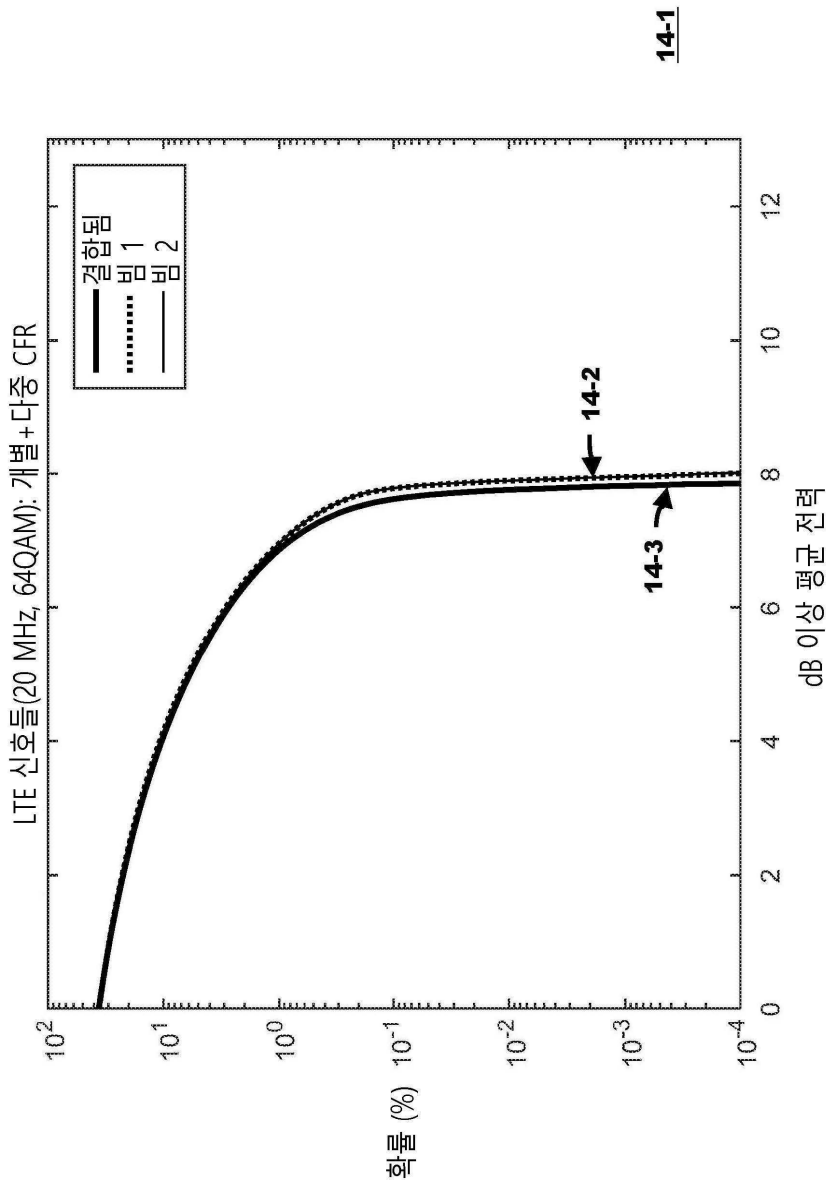


12-1

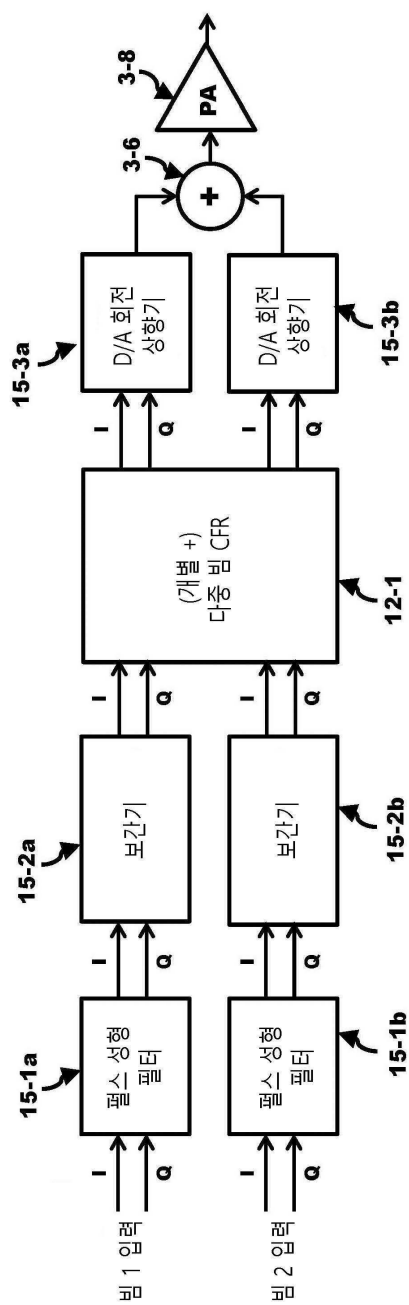
도면13



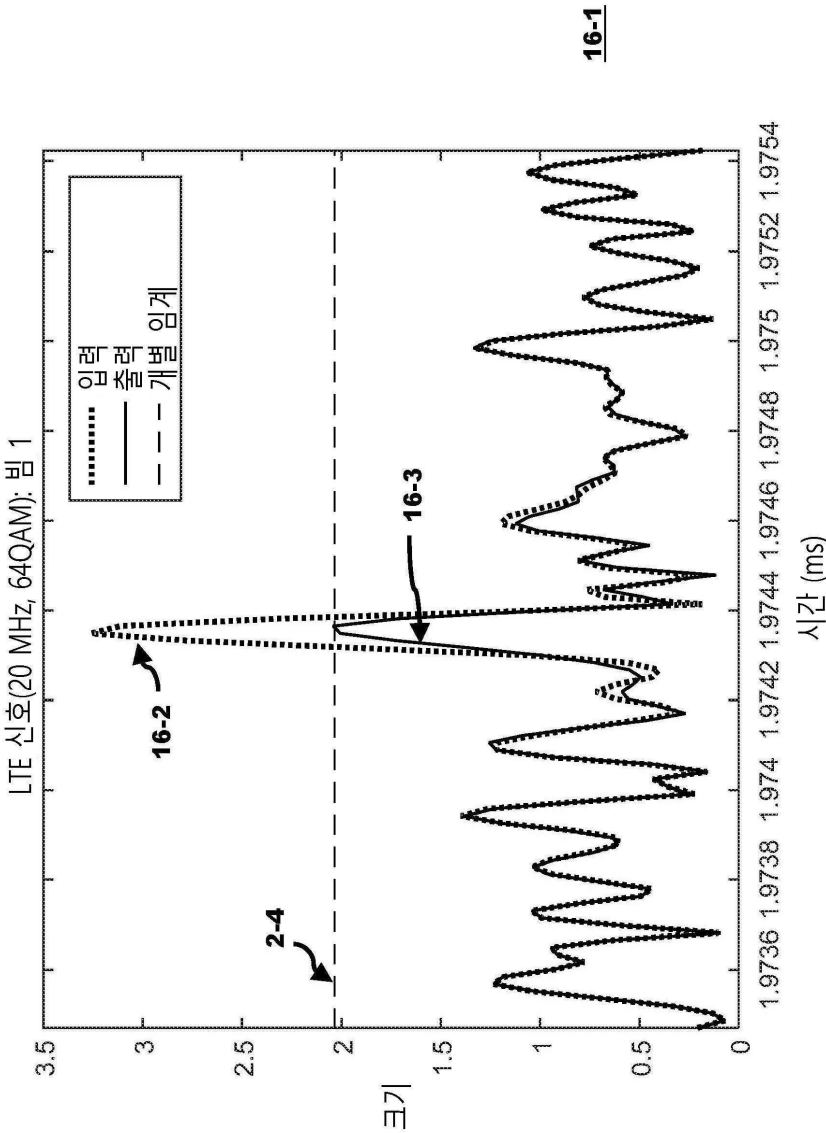
도면14



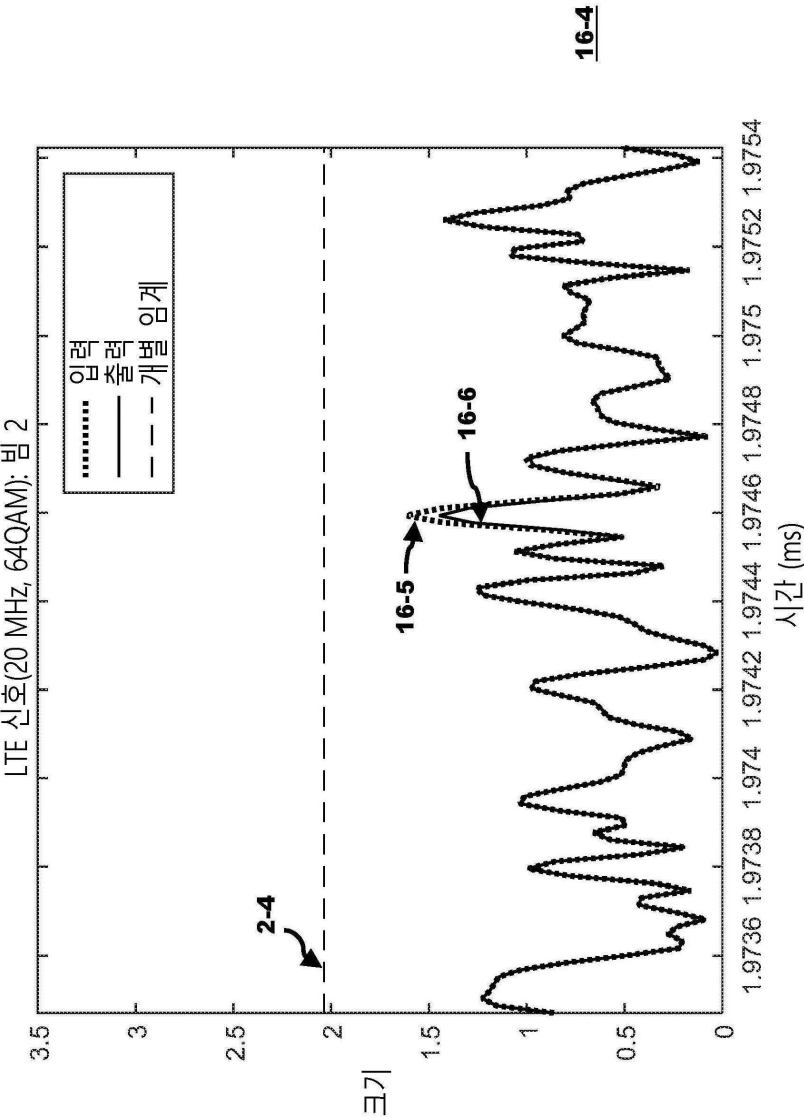
도면15



도면16a

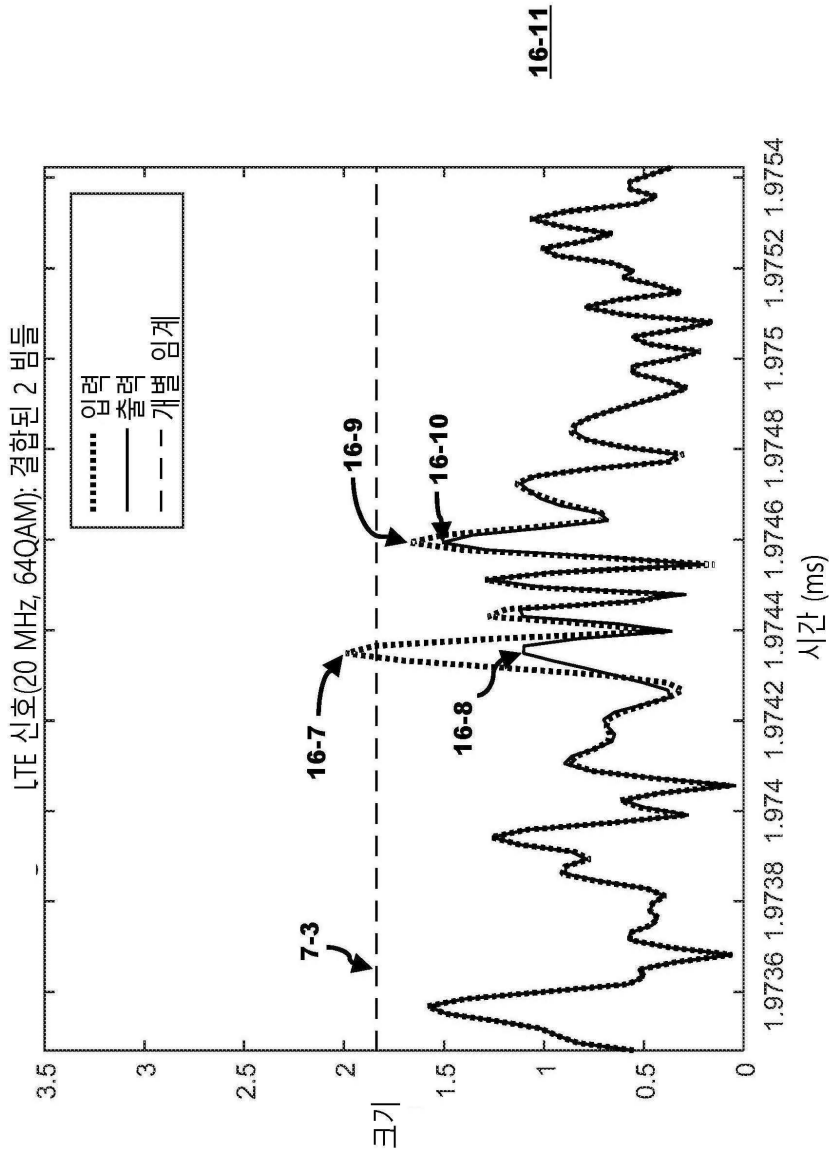


도면16b





도면16c



16-11

도면17

	ACLR (dBc)	개별 PAPR (dB)	결합된 PAPR (dB)	EVM (%)	LTE EVM 제한(%)
E-TM3.1 (64QAM)	73.8 ± 0.8	7.94 ± 0.02	7.96 ± 0.01	4.18 ± 0.08	9
E-TM3.2 (16QAM)	73.8 ± 0.8	7.94 ± 0.02	7.93 ± 0.01	5.88 ± 0.09	13.5
E-TM3.3 (QPSK)	73.9 ± 0.8	7.94 ± 0.02	7.95 ± 0.02	8.23 ± 0.14	18.5