



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0108378
(43) 공개일자 2021년09월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 7/35 (2006.01) G01S 13/34 (2006.01)
G01S 7/03 (2006.01) G01S 7/40 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G01S 7/354 (2013.01)
G01S 13/343 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2021-7018915
- (22) 출원일자(국제) 2019년12월03일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2021년06월18일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2019/064124
- (87) 국제공개번호 WO 2020/139521
국제공개일자 2020년07월02일
- (30) 우선권주장
16/234,717 2018년12월28일 미국(US)

- (71) 출원인
퀄컴 인코포레이티드
미국 92121-1714 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우스 드라이브 5775
- (72) 발명자
장, 난
미국 92121-1714 캘리포니아 샌 디에고 모어하우스 드라이브 5775
리미니, 로베르트
미국 92121-1714 캘리포니아 샌 디에고 모어하우스 드라이브 5775
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인 남앤남

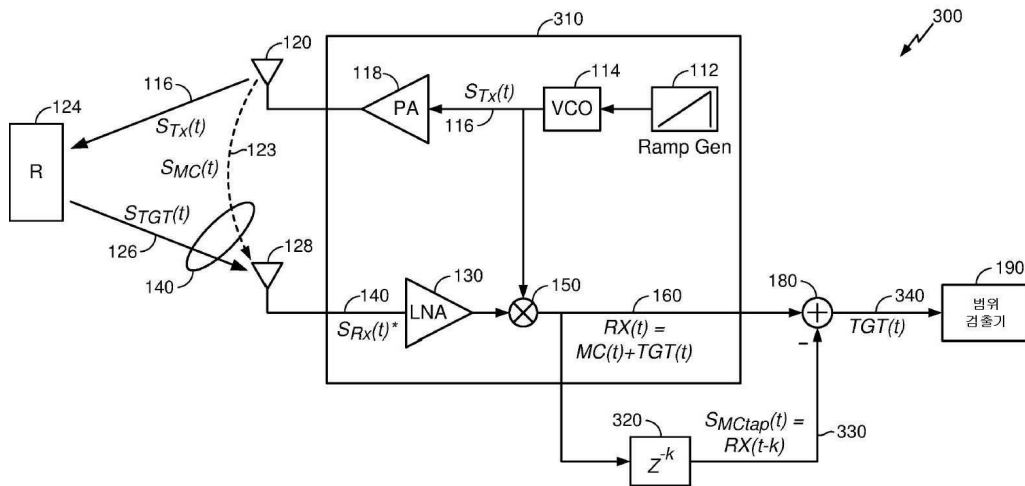
전체 청구항 수 : 총 40 항

(54) 발명의 명칭 소형 폼 팩터 디바이스들에서의 상호 커플링 누설 완화

(57) 요약

소형 폼 팩터 5G 통신 디바이스 상에서 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치 및 방법들이 개시되며, 그 장치 및 방법들은, 소형 폼 팩터 통신 디바이스의 수신 안테나에서 복합 신호를 수신하는 것 - 복합 신호는 타겟 반사 신호 및 상호 커플링(MC) 누설 신호를 포함함 -, 복합 신호를 오리지널 신호와 믹싱함으로써 복합 비트 파형을 생성하는 것 - 복합 비트는 타겟 비트 및 MC 누설 비트 파형 컴포넌트들을 포함함 -, 복합 비트 파형으로부터, 가중된 k-지연된 복합 비트 파형을 감산함으로써 타겟 비트 파형을 격리시키는 것 - 구성된 k에 대해, 타겟 비트 파형들은 상관되지 않고, MC 누설 비트 파형들은 상관됨 -, 및 타겟 비트 파형을 사용하여, 소형 폼 팩터 디바이스로부터 타겟 오브젝트의 범위를 결정하는 것을 포함한다.

대표도



*where $S_{Rx}(t) \approx S_{MC}(t) + S_{TGT}(t)$

(52) CPC특허분류

G01S 7/036 (2021.01)

G01S 7/4021 (2013.01)

(72) 발명자

양, 신지에

미국 92121-1714 캘리포니아 샌 디에고 모어하우스
드라이브 5775

바라다라잔, 비제이

미국 92121-1714 캘리포니아 샌 디에고 모어하우스
드라이브 5775

왕, 보

미국 92121-1714 캘리포니아 샌 디에고 모어하우스
드라이브 5775

명세서

청구범위

청구항 1

소형 폼 팩터 통신 디바이스 상에서 타겟 오브젝트의 범위를 결정하는 방법으로서,

상기 소형 폼 팩터 통신 디바이스의 수신 안테나에서 복합 신호를 수신하는 단계 - 상기 복합 신호는 타겟 반사 신호 및 상호 커플링(MC) 누설 신호를 포함함 -;

상기 소형 폼 팩터 통신 디바이스에서, 상기 복합 신호를 오리지널 신호(original signal)와 믹싱함으로써 복합 비트 파형(composite beat waveform)을 생성하는 단계;

상기 복합 비트 파형으로부터 k -지연된 복합 비트 파형을 감산함으로써 타겟 비트 파형을 생성하는 단계; 및

상기 타겟 비트 파형을 사용하여, 상기 소형 폼 팩터 통신 디바이스로부터 상기 타겟 오브젝트의 범위를 결정하는 단계를 포함하는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 타겟 반사 신호는 상기 오리지널 신호의 상기 타겟 오브젝트로부터의 반사이며;

상기 MC 누설 신호는 방사 안테나로부터 방사되고 상기 소형 폼 팩터 통신 디바이스의 수신 안테나에서 수신되는 상기 오리지널 신호인, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 수신 안테나는 상기 방사 안테나와 동시에 수신하도록 구성되는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 복합 비트 파형은 누설 비트 파형 및 상기 타겟 비트 파형을 포함하는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 k 는 구성가능한 파라미터인, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하는 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 k 는, 상기 k -지연된 복합 비트 파형의 k -지연된 누설 비트 파형이 상기 누설 비트 파형과 상관되게 하도록 구성되는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하는 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 k 는, 상기 k -지연된 복합 비트 파형의 k -지연된 타겟 비트 파형이 상기 타겟 비트 파형과 상관되지 않게 하도록 구성되는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 오리지널 신호는 주파수 변조되며, 상기 주파수는 시간에 걸쳐 선형적으로 변화되는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하는 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 소형 폼 팩터 통신 디바이스는 밀리미터파 대역폭에서 동작하는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하는 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 MC 누설 신호의 전력은 상기 타겟 반사 신호의 전력보다 상당히 큰, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하는 방법.

청구항 11

소형 폼 팩터 통신 디바이스 상에서 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치로서,

복합 신호를 수신하기 위한 수신 안테나 - 상기 복합 신호는 타겟 반사 신호 및 상호 커플링(MC) 누설 신호를 포함함 -;

상기 복합 신호를 오리지널 신호와 믹싱함으로써 복합 비트 파형을 생성하기 위한 신호 믹서;

상기 복합 비트 파형으로부터 k-지연된 복합 비트 파형을 감산함으로써 타겟 비트 파형을 생성하기 위한 신호 합산기; 및

상기 타겟 비트 파형을 사용하여, 상기 소형 폼 팩터 통신 디바이스로부터 상기 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 범위 검출기를 포함하는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 타겟 반사 신호는 상기 타겟 오브젝트로부터의 상기 오리지널 신호의 반사이며;

상기 MC 누설 신호는 상기 소형 폼 팩터 통신 디바이스의 방사 안테나로부터 방사된 상기 오리지널 신호인, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 수신 안테나는 상기 방사 안테나와 동시에 수신하도록 구성되는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 복합 비트 파형은 누설 비트 파형 및 상기 타겟 비트 파형을 포함하는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 k는 구성가능한 파라미터인, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 k는, 상기 k-지연된 복합 비트 파형의 k-지연된 누설 비트 파형이 상기 누설 비트 파형과 상관되게 하도록 구성되는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 k는, 상기 k-지연된 복합 비트 파형의 k-지연된 타겟 비트 파형이 상기 타겟 비트 파형과 상관되지 않게 하도록 구성되는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치.

청구항 18

제11항에 있어서,

상기 오리지널 신호는 주파수 변조되며, 상기 주파수는 시간에 걸쳐 선형적으로 변화되는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치.

청구항 19

제11항에 있어서,

상기 소형 폼 팩터 통신 디바이스는 밀리미터파 대역폭에서 동작하는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치.

청구항 20

제11항에 있어서,

상기 MC 누설 신호의 전력은 상기 타겟 반사 신호의 전력보다 상당히 큰, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치.

청구항 21

소형 폼 팩터 통신 디바이스 상에서 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치로서,

상기 소형 폼 팩터 통신 디바이스에서 복합 신호를 수신하기 위한 수단 - 상기 복합 신호는 타겟 반사 신호 및 상호 커플링(MC) 누설 신호를 포함함 - ;

상기 소형 폼 팩터 통신 디바이스에서, 상기 복합 신호를 오리지널 신호와 믹싱함으로써 복합 비트 파형을 생성하기 위한 수단;

상기 복합 비트 파형으로부터 k-지연된 복합 비트 파형을 감산함으로써 타겟 비트 파형을 생성하기 위한 수단; 및

상기 타겟 비트 파형을 사용하여, 상기 소형 폼 팩터 통신 디바이스로부터 상기 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 수단을 포함하는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치.

청구항 22

제21항에 있어서,

상기 타겟 반사 신호는 상기 오리지널 신호의 상기 타겟 오브젝트로부터의 반사이며;

상기 MC 누설 신호는 방사하기 위한 수단으로부터 방사되고 상기 소형 폼 팩터 통신 디바이스의 상기 수신하기 위한 수단에서 수신되는 상기 오리지널 신호인, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 수신하기 위한 수단은 상기 방사하기 위한 수단과 동시에 수신하도록 구성되는, 타겟 오브젝트의 범위를

결정하기 위한 장치.

청구항 24

제21항에 있어서,

상기 복합 비트 파형은 누설 비트 파형 및 상기 타겟 비트 파형을 포함하는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치.

청구항 25

제24항에 있어서,

상기 k는 구성가능한 파라미터인, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치.

청구항 26

제25항에 있어서,

상기 k는, 상기 k-지연된 복합 비트 파형의 k-지연된 누설 비트 파형이 상기 누설 비트 파형과 상관되게 하도록 구성되는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치.

청구항 27

제25항에 있어서,

상기 k는, 상기 k-지연된 복합 비트 파형의 k-지연된 타겟 비트 파형이 상기 타겟 비트 파형과 상관되지 않게 하도록 구성되는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치.

청구항 28

제21항에 있어서,

상기 오리지널 신호는 주파수 변조되며, 상기 주파수는 시간에 걸쳐 선형적으로 변화되는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치.

청구항 29

제21항에 있어서,

상기 소형 폼 팩터 통신 디바이스는 밀리미터파 대역폭에서 동작하는, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치.

청구항 30

제21항에 있어서,

상기 MC 누설 신호의 전력은 상기 타겟 반사 신호의 전력보다 상당히 큰, 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치.

청구항 31

소형 폼 팩터 통신 디바이스 상의 프로세서에 의해 실행될 때, 타겟 오브젝트의 범위의 결정을 야기하는 코드를 포함하는 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 저장 매체로서,

복합 신호를 수신하기 위한 코드 - 상기 복합 신호는 타겟 반사 신호 및 상호 커플링(MC) 누설 신호를 포함함 -;

상기 복합 신호를 오리지널 신호와 믹싱함으로써 복합 비트 파형을 생성하기 위한 코드;

상기 복합 비트 파형으로부터 k-지연된 복합 비트 파형을 감산함으로써 타겟 비트 파형을 생성하기 위한 코드; 및

상기 타겟 비트 파형을 사용하여, 상기 소형 폼 팩터 통신 디바이스로부터 상기 타겟 오브젝트의 범위를 수신하

여 결정하기 위한 코드를 포함하는, 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 저장 매체.

청구항 32

제31항에 있어서,

상기 타겟 반사 신호는 상기 오리지널 신호의 상기 타겟 오브젝트로부터의 반사이며;

상기 MC 누설 신호는 방사 안테나로부터 방사되고 상기 소형 폼 팩터 통신 디바이스의 수신 안테나에서 수신되는 상기 오리지널 신호인, 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 저장 매체.

청구항 33

제32항에 있어서,

상기 수신 안테나는 상기 방사 안테나와 동시에 수신하도록 구성되는, 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 저장 매체.

청구항 34

제31항에 있어서,

상기 복합 비트 파형은 누설 비트 파형과 상기 타겟 비트 파형의 조합인, 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 저장 매체.

청구항 35

제34항에 있어서,

상기 k 는 구성가능한 파라미터인, 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 저장 매체.

청구항 36

제35항에 있어서,

상기 k 는, 상기 k -지연된 복합 비트 파형의 k -지연된 누설 비트 파형이 상기 누설 비트 파형과 상관되게 하도록 구성되는, 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 저장 매체.

청구항 37

제35항에 있어서,

상기 k 는, 상기 k -지연된 복합 비트 파형의 k -지연된 타겟 비트 파형이 상기 타겟 비트 파형과 상관되지 않게 하도록 구성되는, 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 저장 매체.

청구항 38

제31항에 있어서,

상기 오리지널 신호는 주파수 변조되며, 상기 주파수는 시간에 걸쳐 선형적으로 변화되는, 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 저장 매체.

청구항 39

제31항에 있어서,

상기 소형 폼 팩터 통신 디바이스는 밀리미터파 대역폭에서 동작하는, 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 저장 매체.

청구항 40

제31항에 있어서,

상기 MC 누설 신호의 전력은 상기 타겟 반사 신호의 전력보다 상당히 큰, 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 저장 매체.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] [0001] 본 특허 출원은 발명의 명칭이 "MITIGATING MUTUAL COUPLING LEAKAGE IN SMALL FORM FACTOR DEVICES"로 2018년 12월 28일자로 출원된 출원 제16/234,717호의 이점 및 그에 대한 우선권을 주장하며, 그 출원은 본 발명의 양수인에게 양도되고, 그로써, 본 명세서에 인용에 의해 명백히 포함된다.
- [0002] [0002] 개시된 양상들은 일반적으로 FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave) 레이더에 관한 것으로, 더 상세하게는, 소형 폼 팩터 디바이스들 상에서 방사 안테나로부터 수신 안테나로의 신호 누설의 효과들을 완화시키는 것에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] [0003] 무선 통신들을 위한 5세대(5G) 표준은 많은 다른 개선들 중에서도 실질적으로 더 높은 데이터 전달 속도들, 더 많은 수들의 연결들, 및 향상된 커버리지를 필요로 한다. 초당 최대 20 기가비트의 데이터 레이트들을 부스팅(boost)시키기 위해, 15 GHz의 통신 주파수들이 채택되었다. 하지만, 이러한 주파수 범위에서의 동작은 인간들에 대한 에너지 방사 노출의 제한들을 받으며, 이는 디바이스의 통신 안테나들을 사용하여 인간 근접도 검출을 위한 FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave) 레이더의 사용에 대한 관심을 주파수 변조 연속파(FMCW) 레이더의 사용에 대한 관심을 촉발시켰다. 그러나, 방사 및 수신 안테나들은 통상적인 5G 무선 통신 디바이스의 소형 폼 팩터 때문에 매우 근접하며, 따라서 타겟 반사 신호가 가려지는 상당히 더 낮은 전력으로 그 타겟 반사 신호가 수신되는 것과 동시에, FMCW 레이더 신호가 매우 높은 전력으로 상호 커플링(MC)(mutual coupling)에 의해 수신될 수 있다. 고전력 MC 누설 신호의 영향들을 완화시키는 종래의 방법들은, 5G 통신 디바이스의 제조 동안 그 디바이스 상에 저장되었던 신호의 특성화를 이용하여 그 MC 누설 신호를 소거(cancel)시키는 것을 포함한다. 그러나, 실제 MC 신호는 다양한 조건들로 인해 시간에 걸쳐 변화되고, 정적의 저장된 특성화로부터 벗어나서, MC 누설의 덜 효과적인 완화 및 FMCW 레이더의 저하된 성능을 초래할 수 있다.
- [0004] [0004] FMCW 레이더가 5G 통신 디바이스들에서 중요한 역할을 할 수 있으므로, 인간 근접도의 효과적인 검출을 가능하게 하기 위해 상호 커플링 신호 누설을 완화시키는 개선된 방법들에 대한 대응하는 필요성이 존재한다.

발명의 내용

- [0005] [0005] 본 개시내용의 양상들은 소형 폼 팩터 5G 통신 디바이스의 수신 안테나에서 고전력 FMCW 신호 누설의 영향들을 완화시키기 위한 시스템들 및 방법들에 관한 것이다. 따라서, 양상들은, 예컨대 소형 폼 팩터 통신 디바이스 상에서 타겟 오브젝트의 범위를 결정하는 방법에 관한 것을 포함하며, 그 방법은, 타겟 반사 신호 및 상호 커플링(MC) 누설 신호를 포함하는 복합 신호를 수신하는 단계, 복합 신호를 오리진널 신호와 믹싱함으로써 복합 비트 파형(composite beat waveform)을 생성하는 단계, 복합 비트 파형으로부터, 가중된 k-지연된 복합 비트 파형을 감산함으로써 타겟 비트 파형을 생성하는 단계, 및 타겟 비트 파형의 사용에 의해 소형 폼 팩터 통신 디바이스로부터의 타겟 오브젝트의 범위를 결정하는 단계를 포함한다. 추가적인 양상들에 따르면, 복합 비트 파형은 누설 비트 파형 및 타겟 비트 파형을 포함하고, k는 k-지연된 복합 비트 파형의 k-지연된 누설 비트 파형이 누설 비트 파형과 상관되게 하고, 그리고 k-지연된 복합 비트 파형의 k-지연된 타겟 비트 파형이 타겟 비트 파형과 상관되지 않게 하도록 구성가능하다.
- [0006] [0006] 다른 양상은 소형 폼 팩터 통신 디바이스 상에서 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치에 관한 것이며, 그 장치는, 타겟 반사 신호 및 상호 커플링(MC) 누설 신호를 포함하는 복합 신호를 수신하기 위한 수신 안테나, 복합 신호를 오리진널 신호와 믹싱함으로써 복합 비트 파형을 생성하기 위한 신호 믹서, 복합 비트 파형으로부터, 가중된 k-지연된 복합 비트 파형을 감산함으로써 타겟 비트 파형을 생성하기 위한 신호 합산기, 및 타겟 비트 파형의 사용에 의해 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 범위 검출기를 포함한다. 추가적인 양상들에 따르면, 수신 안테나는 방사 안테나와의 동시 수신을 위해 구성되고, 복합 비트 파형은 누설 비트 파형 및 타겟 비트 파형을 포함하고, k는 구성가능한 파라미터이며, k-지연된 복합 비트 파형의 k-지연된 누설 비트 파형이 누설 비트 파형과 상관되게 하고, 그리고 k-지연된 복합 비트 파형의 k-지연된 타겟 비트 파형이 타겟 비트 파형과 상관되지 않게 하도록 구성된다.
- [0007] [0007] 다른 양상은 소형 폼 팩터 통신 디바이스 상에서 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 장치에 관한 것이며, 그 장치는, 타겟 반사 신호 및 상호 커플링(MC) 누설 신호를 포함하는 복합 신호를 수신하기 위한 수단,

복합 신호를 오리지널 신호와 믹싱함으로써 복합 비트 파형을 생성하기 위한 수단, 복합 비트 파형으로부터, 가중된 k-지연된 복합 비트 파형을 감산함으로써 타겟 비트 파형을 생성하기 위한 수단, 및 타겟 비트 파형의 사용에 의해 타겟 오브젝트의 범위를 결정하기 위한 수단을 포함한다. 추가적인 양상들에 따르면, 복합 비트 파형은 누설 비트 파형 및 타겟 비트 파형을 포함하고, k는 구성가능 파라미터이며, k는 k-지연된 복합 비트 파형의 k-지연된 누설 비트 파형이 누설 비트 파형과 상관되게 하도록 구성되고, k는 k-지연된 복합 비트 파형의 k-지연된 타겟 비트 파형이 타겟 비트 파형과 상관되지 않게 하도록 구성된다.

[0008] 다른 양상은, 소형 폼 팩터 통신 디바이스 상의 프로세서에 의해 실행될 때, 타겟 오브젝트의 범위의 결정을 야기하는 코드를 포함하는 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 저장 매체에 관한 것이며, 그 저장 매체는, 타겟 반사 신호 및 상호 커플링(MC) 누설 신호를 포함하는 복합 신호를 수신하고, 복합 신호를 오리지널 신호와 믹싱함으로써 복합 비트 파형을 생성하고, 복합 비트 파형으로부터, 가중된 k-지연된 복합 비트 파형을 감산함으로써 타겟 비트 파형을 생성하며, 그리고 타겟 비트 파형의 사용에 의해 타겟 오브젝트의 범위를 수신하여 결정하기 위한 코드를 포함한다. 추가적인 양상들에 따르면, 복합 비트 파형은 누설 비트 파형 및 타겟 비트 파형을 포함하고, k는 k-지연된 복합 비트 파형의 k-지연된 누설 비트 파형이 누설 비트 파형과 상관되게 하고, 그리고 k-지연된 복합 비트 파형의 k-지연된 타겟 비트 파형이 타겟 비트 파형과 상관되지 않게 하도록 구성가능하다.

도면의 간단한 설명

[0009] 본 명세서에 설명된 다양한 양상들 및 그들의 많은 수반된 장점들의 더 완전한 인식은, 그 양상들 및 실시예들 및 그의 수반된 많은 장점들이 제한이 아니라 단지 예시를 위해서만 제시되는 첨부한 도면들과 관련하여 고려될 때 다음의 상세한 설명을 참조하여 더 양호하게 이해됨으로써 용이하게 획득될 것이다.

[0010] 도 1은 5G 통신 디바이스 상의 FMCW 레이더에서 상호 커플링 누설을 완화시키는 종래의 방법을 구현하는 장치의 기능 블록 다이어그램이다.

[0011] 도 2a 내지 도 2f는 종래의 프로세싱의 다양한 스테이지들에서의 파형들을 예시한다.

[0012] 도 3은 본 명세서에 개시된 차동 방법들에 따라 5G 통신 디바이스 상의 FMCW 레이더에서 상호 커플링 누설을 완화시키기 위한 장치를 예시하는 기능 블록 다이어그램이다.

[0013] 도 4a 및 도 4b는 본 명세서에 개시된 차동 방법들에 관한 양상들에 따른 프로세싱의 스테이지들 동안의 파형들을 예시한다.

[0014] 도 5는 본 명세서에 개시된 양상들에 따른 예시적인 5G 통신 디바이스의 기능 블록 다이어그램이다.

[0015] 도 6은 본 명세서에 개시된 양상들에 따른, 상호 커플링 누설을 완화시키고 타겟 범위를 결정하는 방법을 묘사하는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 본 명세서에 개시된 양상들은 상호 커플링(MC) 누설을 완화시키고 소형 폼 5G 통신 디바이스 상의 FMCW 레이더를 이용하여 타겟 오브젝트의 범위를 결정하는 것에 관한 것이다. 5G 통신 디바이스 상에서 FMCW 레이더를 구현하기 위한 예시적인 동기는 인간 조직의 MPE(maximum permissible exposure)(예를 들어, 사용자의 MPE)의 제한들 미만으로 5G 송신 에너지를 유지하기 위해 FCC(Federal Communications Commission) 요건들로부터 발생한다. 더 구체적으로, FCC 규정들은 5G 밀리미터파 송신들에 대한 MPE가 1 mW/cm^2 미만이어야 한다고 명시한다. 밀리미터파 5G 기술은 내장형 안테나들을 사용하는 FMCW 레이더를 실현가능하게 하므로, 5G 통신 디바이스로부터의 인간 조직의 범위를 측정하려는(range) 목적들을 위해 FMCW 레이더를 구현하는 것을 고려하는 것이 합리적이다. 가까운 범위에서, MPE 제한들을 유지하기 위해 송신 전력의 감소가 종종 요구될 수 있으므로, 5G 통신 디바이스 부근의 인간 조직의 근접도 검출이 명백하게 유리하다. 그러나, FMCW 레이더는 방사 및 수신 안테나들 둘 모두가 동시에 활성일 것을 요구하며, 통상적인 통신 디바이스들의 소형의 계속-축소되는 폼 팩터들은 방사 및 수신 안테나들이 매우 근접하게 배치되게 한다. 방사 안테나로부터 수신 안테나로의 에너지 누설은, 범위 추정에 대해 사용되는 비교적 낮은 에너지의 타겟 반사들이 누설에 의해 가려진다는 점에서 중요하고 불가피한 문제가 된다.

[0017] 5G 통신 디바이스 상에서 구현되는 FMCW 레이더에서 MC 누설의 영향들을 완화시키기 위한 방법들 및 장치가 본 명세서에 개시된다. 복합 파형은 컴포넌트 MC 누설 및 타겟 파형들을 포함한다. k의 샘플 공간에 걸쳐, MC 누설 파형들은 상관되지만, 타겟 파형들은 상관되지 않는다. 복합 파형은 시간 t-k에 탭핑(tap)되고,

가중되고, 시간 t에 복합 파형과 네거티브-합산되어, (시간 t에) MC 누설 파형 컴포넌트를 제거한다. 따라서, 나머지 훨씬 더 낮은 전력의 타겟 파형 컴포넌트는 타겟의 범위를 결정하는 데 사용하기 위해 격리된다. 이러한 방식으로 복합 파형을 샘플링하는 것은, 정적의 저장된 특성화를 이용하여 MC 누설 컴포넌트를 소거시키는 종래의 방법에 대한 견고하고 적응가능한 대안을 제공한다.

- [0012] [0018] 이들 및 다른 양상들은 예시적인 양상들 관련된 특정 예들을 나타내기 위해 다음의 설명 및 관련 도면들에서 개시된다. 대안적인 양상들은 본 개시내용을 판독할 시에 당업자들에게 자명할 것이며, 본 개시내용의 범위 또는 사상을 벗어나지 않으면서 구성 및 실시될 수 있다. 부가적으로, 잘-알려진 엘리먼트들은, 본 명세서에 개시된 양상들의 관련 세부사항들을 불명료하게 하지 않기 위해 상세히 설명되지 않을 것이거나 또는 생략될 수 있다.
- [0013] [0019] 단어 "예시적인"은 "예, 예시, 또는 예증으로서 기능하는 것"을 의미하도록 본 명세서에서 사용된다. "예시적인" 것으로서 본 명세서에 설명된 임의의 양상은 다른 양상들에 비해 바람직하거나 유리한 것으로서 반드시 해석되는 것은 아니다. 유사하게, 용어 "양상들"은, 모든 양상들이 논의된 특징, 이점 또는 동작 모드를 포함하는 것을 요구하지 않는다.
- [0014] [0020] 본 명세서에서 사용되는 용어는 특정한 양상들만을 설명하며, 본 명세서에 개시된 임의의 양상들을 제한하는 것으로 해석되지 않아야 한다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 단수형들은, 문맥상 명확하게 달리 표시되지 않으면, 복수형들을 또한 포함하도록 의도된다. 당업자들은, 본 명세서에 사용된 바와 같은 용어들 "구비한다", "구비하는", "포함한다", 및/또는 "포함하는"이 언급된 특징들, 정수들, 단계들, 동작들, 엘리먼트들, 및/또는 컴포넌트들의 존재를 특정하지만, 하나 이상의 다른 특징들, 정수들, 단계들, 동작들, 엘리먼트들, 컴포넌트들, 및/또는 그들의 그룹들의 존재 또는 부가를 배제하지는 않는다는 것을 추가로 이해할 것이다.
- [0015] [0021] 추가로, 예컨대 컴퓨팅 디바이스의 엘리먼트들에 의해 수행될 액션들의 시퀀스들의 관점에서 다양한 양상들이 설명될 수 있다. 당업자들은, 본 명세서에 설명된 다양한 액션들이 특정 회로들(예컨대, ASIC(application specific integrated circuit))에 의해, 하나 이상의 프로세서들에 의해 실행되는 프로그램 명령들에 의해, 또는 그 둘 모두의 조합에 의해 수행될 수 있다는 것을 인식할 것이다. 부가적으로, 본 명세서에 설명된 액션들의 이들 시퀀스들은, 실행 시에, 연관된 프로세서로 하여금 본 명세서에 설명된 기능을 수행하게 할 컴퓨터 명령들의 대응하는 세트가 저장된 임의의 형태의 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 매체 내에 완전히 구현되는 것으로 고려될 수 있다. 따라서, 본 명세서에 설명된 다양한 양상들은 다수의 상이한 형태들로 구현될 수 있으며, 그 형태들 모두는 청구된 요지의 범위 내에 있는 것으로 고려된다. 부가적으로, 본 명세서에 설명된 양상들 각각에 대해, 임의의 그러한 양상들의 대응하는 형태는, 예컨대, 설명된 액션을 수행"하도록 구성된 로직" 및/또는 설명된 액션을 수행하도록 구성된 다른 구조 컴포넌트들로서 본 명세서에 설명될 수 있다.
- [0016] [0022] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어들 "사용자 장비"(또는 "UE"), "사용자 디바이스", "사용자 단말", "클라이언트 디바이스", "통신 디바이스", "무선 디바이스", "무선 통신 디바이스", "핸드헬드 디바이스", "모바일 디바이스", "모바일 단말", "모바일 스테이션", "핸드셋", "액세스 단말", "가입자 디바이스", "가입자 단말", "가입자 스테이션", "단말", 및 그의 변형들은 무선 통신 및/또는 내비게이션 신호들을 수신할 수 있는 임의의 적합한 모바일 또는 정지형 디바이스(소형 폼 팩터 5G 무선 통신 디바이스를 포함함)를 상호교환가능하게 지칭할 수 있다. 이들 용어들은 또한, 위성 신호 수신인지, 보조 데이터 수신인지, 그리고/또는 디바이스 또는 다른 디바이스에서 발생하는 포지션-관련 프로세싱인지에 관계없이, 이를테면 단거리 무선, 적외선, 유선 연결, 또는 다른 연결에 의해 무선 통신 및/또는 내비게이션 신호들을 수신할 수 있는 다른 디바이스와 통신하는 디바이스들을 포함하도록 의도된다. 부가적으로, 이들 용어들은 RAN(radio access network)을 통해 코어 네트워크와 통신할 수 있는 무선 및 유선 통신 디바이스들을 포함하여 모든 디바이스들을 포함하도록 의도된다. UE들은 PC(printed circuit) 카드들, 콤팩트 플래시 디바이스들, 외부 또는 내부 모듈들, 무선 또는 유선 폰들, 스마트폰들, 태블릿들, 추적 디바이스들, 자산 태그들 등을 포함하는(그러나 이에 제한되지 않음) 다수의 타입들의 디바이스들 중 임의의 것에 의해 구현될 수 있다.
- [0017] [0023] 도 1은 범위 검출을 위해 FMCW 레이더를 사용하고 소형 폼 팩터 5G 통신 디바이스 상에서 상호 커플링(MC) 누설을 완화시키는 종래의 방법을 구현하는 장치를 예시하는 기능 블록 다이어그램(100)이다. 넓은 용어들에서, FMCW 모듈(110)은 Tx 신호(116)를 방사하고 타겟 반사 신호(126)(또는 "타겟 반사")를 수신하도록 동작한다. 도 1에 묘사되지 않았지만, 수신된 타겟 반사(126)는 신호 믹서(150)에서 Tx 신호(116)와 이상적으로 결합되어, 베이스밴드 주파수의 신호를 초래할 것이며, 그 신호의 주파수(예컨대, "톤" 또는 "비트")는 FMCW 모듈(110)을 포함하는 통신 디바이스로부터의 타겟 오브젝트(124)의 범위에 비례한다. 실제로, 5G 통신 디바이스의

소형 폼 팩터는 수신 안테나(128)에 대한 방사 안테나(120)의 매우 가까운 근접도를 필요로 한다. 결과적으로, Tx 신호(116)는 타겟 반사(126)와 동시에 수신 안테나(128)에서 상호 커플링(MC) 누설 신호(123)(또는 더 간단히, "MC 누설")로서 불가피하게 수신된다. MC 누설(123)은 통상적으로, 예컨대 대략 +20 dB 만큼 타겟 반사(126)보다 상당히 더 많은 전력을 가지며, 따라서 수신 안테나(128)에서 수신된 바와 같은 타겟 반사(126)를 가려서, 타겟 반사(126)를 범위 추정을 위해 검출 및 분석하는 것을, 불가능하지는 않지만 어렵게 만들 수 있다. Tx 신호(116)의 처프(chirp) 파형에 부가하여, MC 누설(123)은 또한 다중경로 및 비선형 왜곡으로 인한 파형 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 그러나, MC 누설(123)은 타겟 반사(126)보다 훨씬 더 높은 전력이지만, 시간에 걸쳐 느리게 변화된다는 것이 인식된다.

[0018] [0024] 종래에, MC 누설(123)의 특성화는 제조 시에 5G 통신 디바이스 상에 저장되며, MC 누설(123)과 상관시키고 그 영향을 완화시키도록 의도되는 대응하는 MC 기준 신호(178)를 생성하는 데 사용될 수 있다. 그러나, MC 누설(123)을 견고하고 신뢰할 수 있게 특성화하는 것은 어려울 수 있다. 예컨대, 저장된 특성화가 시간에 걸쳐 정적으로 유지되는 동안, 저장된 특성화가 처음 구성될 때 정확할 수 있더라도, 안테나 임피던스 및/또는 부하의 변화들이 발생하여, 저장된 특성화로부터 MC 누설(123)의 특질에서의 이탈을 야기할 수 있다. 예컨대, 통신 디바이스에 대한 외부 수정들, 이를테면 사용자-설치 커버가 또한 MC 누설(123)의 특성들을 변경할 수 있다는 것이 또한 보여졌다. MC 누설(123)은 시간에 걸쳐 느리게 변화되는 것으로 간주되지만, 그럼에도 불구하고, 실제로부터의 저장된 특성화의 최종 이탈 및 그에 따른 MC 누설(123)의 영향들의 부족한 완화를 유발한다.

[0019] [0025] 도 1을 더 상세히 참조하면, FMCW 레이더 기법들에 따라, FMCW 모듈(110)에서, 선형 램프 신호가 램프 생성기(112)에서 생성되며, Tx 신호(116)($S_{Tx}(t)$)에 대한 파형을 생성하기 위해 전압 제어 오실레이터(114)에서 생성된 발진 신호를 변조하는 데 사용된다. 따라서, Tx 신호(116)는 주파수 변조된 정현파 파형으로서 특성화되며, 여기서 주파수는 시간에 따라 선형적으로 변화되고, 이는 일반적으로 "처프", "처프-변조된 파형" 또는 유사한 것으로 지칭된다. 처프 파형은 FMCW 레이더 범위측정 애플리케이션들에 특히 유용하며, 오름차순(ascending) 처프 및 2-모드 오름차순/내림차순(descending) 처프 둘 모두가 사용되는 것으로 알려져 있다. Tx 신호(116)는 전력 증폭기(PA)(118)로 지향되며, 여기서 그 신호는 방사 안테나(120)에서의 송신을 위해 부스팅된다. 논의를 단순화하려는 목적들을 위해, Tx 신호(116)($S_{Tx}(t)$)의 파형의 본질적인 특질이 PA(118) 이전에 그리고 이후에 변화되지 않게 유지되며, 본 명세서에서 Tx 신호(116)가 PA(118)의 입력 측 및 출력 측 둘 모두 상에서 동일한 신호($S_{Tx}(t)$)로 혼동 없이 지칭될 것이라는 것이 인식될 것이다.

[0020] [0026] 이제 도 2a 내지 도 2f를 참조하면, 도시된 플롯들에서, 축들이 시간에 대해 't'로 그리고 진폭에 대해 'a'로 라벨링된다는 것이 관측될 것이다. 그러나, 신호 진폭, 주파수, 또는 위상의 어떠한 정량적 표현도 제안되거나 암시되지 않는다는 것이 이해되어야 한다. 오히려, 도 2a 내지 도 2f의 플롯들은 다양한 파형들 및 이들의 상대적인 진폭들, 주파수들, 및 위상들의 정량적 시각화들 및 비교들을 제공하도록 의도된다.

[0021] [0027] Tx 신호(116)의 시간 도메인 표현($S_{Tx}(t)$)이 도 2a에 도시되며, 여기서 정현파의 증가하는 주파수가 쉽게 관측될 수 있다. 이러한 파형은 또한, MC 누설(123)에 대응하는 $S_{MC}(t)$ 로서 라벨링된다.

[0022] [0028] 도 1을 다시 참조하면, Tx 신호(116)($S_{Tx}(t)$)는 방사 안테나(120)에서 방사되고, 결국 타겟 오브젝트(124)에 도달한다. Tx 신호(116)는 타겟 오브젝트(124)에 의해 반사되고 타겟 반사(126)로서 수신 안테나(128)에서 수신된다. 타겟 반사(126)의 시간 도메인 표현($S_{TGT}(t)$)이 도 2b에 예시된다. 방사 안테나(120)에서 방사된 Tx 신호(116)는 또한 MC 누설(123)($S_{MC}(t)$)로서 수신 안테나(128)에서 수신된다. 통상적인 FMCW 사용을 위해, 수신 안테나(128)는 방사 안테나(120)와 동시에 동작하도록 구성되며, 이는 수신된 Rx 신호(140)($S_{Rx}(t)$)가 $S_{Rx}(t) \approx S_{MC}(t) + S_{TGT}(t)$ 로서 표현될 수 있도록 MC 누설(123)과 타겟 반사(126)의 복합물을 초래한다. 도 2c는 MC 누설(123)과 타겟 반사(126)의 복합물로서 Rx 신호(140)를 개념적으로 예시한다. 중요하게는, MC 누설(123)의 전력이 타겟 반사(126)의 전력보다 비교적 훨씬 더 크다는 것이 인식될 것이다. 위에서 언급된 바와 같이, 전력 불일치는 대략 20 dB일 수 있다. 도 2c에 묘사된 바와 같은 $S_{MC}(t)$ 와 $S_{TGT}(t)$ 사이의 정량적 진폭, 주파수, 또는 위상 관계들의 어떠한 제안도 제안되거나 암시되지 않는다는 것을 다시 유의한다. 추가로, $S_{MC}(t)$ 및 $S_{TGT}(t)$ 를 묘사하는 데 사용되는 정현파 처프 파형들은 이상화되며, 이들 파형들의 실제 예들이 묘사된 이상화된 처프들과 상당히 다를 수 있다는 것이 인식될 것이다. 실제로, $S_{MC}(t)$ 및 $S_{TGT}(t)$ 둘 모두는 다중경로 효과들 및 다른 왜곡들에 의해 실질적으로 변경될 수 있다.

- [0023] [0029] 도 1에 도시된 바와 같이, Rx 신호(140)는 전력 부스팅을 위해 LNA(low noise amplifier)(130)로 라우팅된다. LNA(130)의 입력으로부터 LNA(130)의 출력에서 Rx 신호(140)의 특질에 대한 어떠한 실질적인 변화들도 존재하지 않으므로, Rx 신호(140)는 마찬가지로 LNA(130)의 입력 및 출력 둘 모두에서 동일하게 본 명세서에서 지칭된다.
- [0024] [0030] 통상적인 FMCW 프로세싱에 따라, Rx 신호(140)는 신호 믹서(150)로 라우팅되며, 여기서 Rx 신호(140)는 Tx 신호(116)와 믹싱된다. 믹싱의 효과는 Rx 신호(140)의 파형으로부터 처프 변조 컴포넌트를 제거하는 것이다. 따라서, 도 2d에 도시된 바와 같이, 신호 믹서(150)에서의 출력은 MC 누설 비트(162)(MC(t)) 및 타겟 비트(164)(TGT(t))를 컴포넌트 파형들로서 포함하는 복합 "비트" 파형(160)(RX(t), 본 명세서에서 "복합 비트"로 지칭됨)이다. 복합 비트(160)는 본 명세서의 목적들을 위해 $RX(t) = MC(t) + TGT(t)$ 로서 표현될 수 있다. 도 2d에 묘사된 바와 같이, 2개의 컴포넌트 파형들의 상대적인 진폭들은, 도 2c에 도시된 대응하는 MC 누설(123) 및 타겟 반사(126)의 상대적인 진폭들과 유사하게, 타겟 비트(164)의 전력보다 MC 누설 비트(162)의 더 높은 전력을 나타낸다. 다시, 컴포넌트 파형들의 진폭들 또는 상대적인 위상들의 어떠한 정량적 표현들도 의도되거나 암시되지 않으며; 대신에, 개념적 묘사들이 제공된다. MC 누설 비트(162)의 더 큰 전력이 주어지면, 후속 프로세싱의 목적은 MC 누설 비트(162)의 영향을 제거하고 타겟 범위 추정을 위해 타겟 비트(164)를 격리시키는 것이다. 타겟 비트(164)를 효과적으로 격리시키지 못하는 것은, MC 누설 비트(162)의 전력이 타겟 비트(164)를 가리기 때문에 결합있는 범위 추정들을 초래할 수 있다.
- [0025] [0031] 위에서 언급된 바와 같이, 종래의 방법들에서, MC 누설 효과(즉, MC 누설 비트(162))의 특성화가 결정되고, 제조 시에 5G 통신 디바이스 상에 저장될 수 있다. 도 1에서, MC 소거 모듈(170)에서, MC 기준 신호(178)($S_{MCref}(t)$) 및 "MC 기준"은 MC 누설 비트(162)의 모델링된 버전으로서, 저장된 특성화로부터 생성될 수 있다. 실제로, 도 2e에 예시된 MC 기준(178)의 파형은 도 2d에 묘사된 MC 누설 비트(162)와 유사한 것으로 관측될 것이다. 그러나, 본질적인 목표는 MC 기준(178)이 MC 누설 비트(162)와 매우 상관되는 것이다. 이어서, MC 기준(178)은 신호 합산기(180)에서 복합 비트(160)와 네거티브-합산되어, 표면적으로는(ostensibly) MC 누설 비트(162) 컴포넌트를 제거하고 타겟 비트(164)를 비교적 방해받지 않게 유지하며, 이는 도 2f에 예시되어 있다. 이어서, 나머지 타겟 비트(164)는 범위 검출기(190)로 지향될 수 있으며, 여기서 타겟 오브젝트(124)에 대한 추정된 범위가 결정될 수 있다. FMCW 레이더 프로세싱에 따르면, 타겟 비트(164)의 주파수(즉, 그것의 "톤")는 타겟 오브젝트(124)까지의 거리에 비례한다.
- [0026] [0032] 그러나, MC 누설 비트(162)를 소거시킬 시의 MC 기준(178)의 유효성은, MC 기준(178)이 MC 누설 비트(162)를 모델링하고 그와 상관되는 정확도에 의존한다. 결국, 모델 충실도는 제조 동안 저장되었던 MC 누설(123)의 특성화의 정확도에 의존한다. 앞에서 논의된 바와 같이, 안테나 임피던스 및/또는 부하의 변화들, 또는 단순히 통신 디바이스 상의 커버의 설치, 예컨대 MC 누설(123) 및/또는 MC 누설 비트(162)의 실제 특질이 종래에 저장된 특성화로부터 벗어나게 할 수 있다. 이어서, 저장된 특성화는 MC 누설 비트(162)의 영향들을 소거시키는 것과 관련하여 점차 불충분해질 수 있다.
- [0027] [0033] 대조적으로, 본 명세서에 설명된 양상들에 따른 차동 접근법은 밀리미터파 통신들에 대해 사용되는 바와 같이, 소형 폼 팩터 5G 통신 디바이스들에서 MC 누설을 소거시키기 위한 적응형 수단을 제공한다. 정적이고 가능하게는 부정확한 기준 특성화로부터 유도된 파형을 이용하여 방사 안테나로부터 수신 안테나로의 고전력 누설을 제거하는 대신에, 본 명세서에서 설명된 양상들은 t에서의 전류 관측으로부터 MC 누설을 소거시키기 위해, 수신된 믹싱된 파형의 t-k에서의 이전 관측 대신 "기준"으로서의 사용을 위해 제공된다.
- [0028] [0034] 도 3은 본 명세서에 개시된 다양한 양상들에 따른, 소형 폼 팩터 디바이스, 이를테면 5G 통신 디바이스에서 MC 누설을 완화시키기 위한 예시적인 장치의 기능 블록 다이어그램(300)이다. 블록 다이어그램(300)이 도 1의 블록 다이어그램(100)과 유사하다는 것이 관측될 것이다. 반복을 피하는 것을 도모하기 위해, 도 1 및 도 3의 공통 엘리먼트들의 세부사항들에 관한 설명들은 도 1 및 도 2a 내지 도 2f에 관련된 위의 개시내용에서 발견될 것이다. 따라서, FMCW 모듈(310)에서의 신호 흐름의 다음의 논의는 신호 믹서(150)에서 시작할 수 있다. 신호 믹서(150)로 이어지는 신호 프로세싱이 도 1에 관해 설명된 것과 실질적으로 동일하다는 것이 인식될 것이다.
- [0029] [0035] 도 3을 참조하면, 신호 믹서(150)의 출력은 도 2d에 예시된 바와 같이, MC 누설 비트(162)(MC(t)) 및 타겟 비트(164)(TGT(t))를 컴포넌트 파형들로서 포함하는 복합 비트(160)(RX(t)) 파형이다. k개의 샘플들의 지연으로 신호 믹서(150)의 출력에서 신호 스트림을 캡처하기 위해 탭(320)이 제공될 수 있다. k-지연된 복합 비트(324) 파형(RX(t-k))은 가중 모듈(328)로 라우팅되며, 여기서 복소 스칼라 가중치(W)가 적용된다. 가중치

(W)는 통상적으로 값이 1에 가깝다. 양상들은, 가중치(W)가 미리 구성되고 고정될 수 있고, 임의의 시간에 구성가능하고, 그리고/또는 실시간으로 적응적일 수 있다는 것을 제공한다. 결과적인 파형은 MC 기준 신호(330)($S_{MCtap}(t)$, "MC 기준")이며, 이는 $S_{MCtap}(t) = W * RX(t-k)$ 로서 표현될 수 있다. $S_{MCtap}(t)$ 는 도 4a에 예시되며, 구성 요소 파형들, 즉 MC 누설 비트(162)($MC(t-k)$) 및 타겟 비트(164)($TGT(t-k)$)를 포함한다. 본 명세서에서 제공된 파형 플롯들과 마찬가지로, 진폭 또는 위상의 어떠한 정량적 표현도 도 4a의 플롯에 의해 제안되거나 암시되는 것이 아니라, 오히려 질적인 개념적 설명이 제공된다. 이어서, MC 기준(330)($S_{MCtap}(t)$)은 신호 합산기(180)에서 복합 비트(160)와 네거티브-합산되어, 도 4b에 예시된 타겟 비트(340)($TGT(t)$)를 산출한다. 이어서, 타겟 비트(340)는 범위 검출기(190)로 라우팅될 수 있으며, 여기서 통신 디바이스와 타겟 오브젝트(124) 사이의 범위는 타겟 비트(340)의 주파수(톤)에 기반하여 추정될 수 있다.

[0030] [0036] 복합 비트(160)의 MC 누설 비트(162)를 소거시키기 위해 MC 기준(330)을 사용하는 것의 효능은 복합 비트(160)에 대한 MC 기준(330)($S_{MCtap}(t)$)의 유사성들($RX(t)$)에 부분적으로 기반한다. 도 2d에 예시된 $RX(t)$ 와 도 4a에 예시된 $S_{MCtap}(t)$ 의 비교는 2개의 신호들 사이의 그러한 유사성들을 강조한다. 더 정확하게는, 다음과 같다:

[0031] $RX(t) = MC(t) + TGT(t)$ (1)

[0032] $S_{MCtap}(t) = W * RX(t-k) = W * MC(t-k) + W * TGT(t-k)$ (2)

[0033] [0037] $S_{MCtap}(t)$ 가 단순히 $RX(t)$ 의 k-지연된 스칼라-곱셈 샘플이기 때문에, $S_{MCtap}(t)$ 와 $RX(t)$ 사이의 강한 유사성이 존재한다. 또한, $MC(t)$ 는 그의 반복적인 고전력(처프) 콘텐츠로 인해 관심있는 시간 기간들(예컨대, 100 밀리초)에 걸쳐 비교적 변화되지 않게 유지되는 것으로 예상된다. 이어서, $MC(t-k)$ 및 $MC(t)$ 는 매우 상관된 것으로 간주될 수 있으며, 따라서 $MC(t-k)$ 는 $MC(t)$ 를 소거시키는데 효과적이다.

[0034] [0038] 대조적으로, $TGT(t)$ 및 $TGT(t-k)$ 는 상관되지 않는 것으로 간주된다. 위에서 논의된 예에서, 타겟 오브젝트(124)는 인간일 수 있다. 인간 타겟, 이를테면 손가락, 손, 또는 다른 신체 부위는, 책상, 의자, 또는 단단하고 평평한 표면들을 갖는 많은 다른 무생물 오브젝트들과는 대조적으로, 비교적 무르고 평평하지 않은 타겟으로서 모델링될 수 있다. 그러므로, (평평하지 않은) 인간 타겟은 반사된 신호들에서 위상 변동들을 야기하기 위해 보강적으로 그리고 상쇄적으로 추가될 수 있는 경로들로 다중-산란 FMCW 레이더 반사들을 생성할 수 있다. 추가로, 인간 타겟은 또한, 대상이 움직이고 있지 않은 것으로 간주될 때 심지어 밀리미터 레벨로 움직이고 있을 수 있다. 예컨대, 손의 그러한 "극소-움직임"은 수신된 밀리미터파 타겟 반사 신호에서 랜덤한 위상 변동들을 유도할 수 있다. 이들 위상 변동들은 $TGT(t) \neq TGT(t-k)$ 가 되도록 시간에 걸쳐 취해진 타겟 반사 신호의 변형들을 야기할 수 있다. 따라서, $TGT(t)$ 및 $TGT(t-k)$ 는 상관되지 않는 것으로 간주될 수 있고, $TGT(t-k)$ 는 $TGT(t)$ 를 소거시키지 않을 것이다. 따라서, $W * RX(t-k)$ (즉, MC 기준(330)($S_{MCtap}(t)$))와 $RX(t)$ 를 네거티브-합산한 것, 즉 복합 비트(160)는 $TGT(t)$ (340)를 실질적으로 산출하며, 이어서 범위 검출기(190)는 $TGT(t)$ 에 기반하여 타겟 오브젝트(124)에 대한 범위의 결정을 행할 수 있다.

[0035] [0039] 다른 예에서, 타겟 오브젝트(124)는 책 또는 랩톱 컴퓨터와 같은 하나 이상의 평평한 표면들을 갖는 정지형 오브젝트일 수 있다. 인간 타겟에 고유한 위상 변동들과 같은 위상 변동들은 존재하지 않을 것이며, $Rx(t)$ 의 타겟 비트(164) 컴포넌트, 즉 $TGT(t)$ 는 실질적으로 일정하게 유지되어야 한다. 따라서, $TGT(t)$ 는, $TGT(t)$ 가 $MC(t)$ 컴포넌트와 함께 신호 합산기(180)에서 $RX(t)$ 로부터 소거될 수 있도록 $W * TGT(t-k)$ 와 유사하고 그와 강하게 상관될 것이다. 실질적으로 널(null) 신호는 범위 검출기(190)에서 어떠한 후속 검출들도 초래하지 않는다. 따라서, 인간 타겟에 대한 최대 허용가능 노출을 관리하려는 목적들을 위해, 예컨대 정지형의 비교적 평평한-표면의 오브젝트들에 대한 타겟 신호($TGT(t)$)의 소거는 잘못된 경보의 가능성이 감소된다는 점에서 유리하다.

[0036] [0040] $RX(t)$ 와 $S_{MCtap}(t)$ 사이의 절대 시간에서의 지연의 양(즉, $RX(t-k)$)은 구성가능한 파라미터 k 및 샘플 기간 T에 의해 결정될 수 있다. k의 값은, $MC(t-k)$ 및 $MC(t)$ 가 실질적으로 그리고 충분히 상관되어, $MC(t)$ 가 효과적으로 소거될 뿐만 아니라, $TGT(t)$ 및 $TGT(t-k)$ 가 충분히 역상관되어, $TGT(t)$ 가 소거되지 않도록 구성될 수 있다. 일 양상에서, $MC(t)$ 의 소거는, T의 주기 또는 그의 배수로 주기적으로 수행될 때 달성된다. 타겟이 인간인 일 예에서, k는 인간 극소-움직임의 주파수와 T 사이의 관계에 의해 결정될 수 있다. 일 예에서, T가 50 밀리초로 세팅되면, k가 6 이상의 값으로 세팅될 수 있다는 것이 실험적으로 보여졌다. 다른 양상에 따르면, k는 단순히 1로 세팅될 수 있다. 다른 양상들에 따르면, k는, 타겟 비트(164)($TGT(t)$)를 격리시키고 리턴하면서

MC 누설(123)의 영향들의 소거를 최상으로 보장하는 값으로서 임의의 방법에 의해 결정될 수 있다.

- [0037] [0041] 적어도, 저장된 누설 모델 기준에 대한 종래의 의존성이 제거되기 때문에, 차동 방법들에 의한 MC 누설 에너지의 소거가 유리하다는 것이 인식될 것이다. 논의된 바와 같이, 제조 동안 구성된 공장 기준은, 예컨대 통신 디바이스 상의 커버의 사용자에 의한 추가로 인해, 또는 안테나 임피던스 및/또는 부하들의 진화하는 변화들로 인해 신뢰할 수 없게 될 수 있다. 대조적으로, 본 명세서에서 설명되는 차동 방법들은, 본질적으로 동적이고, 적응가능하며, 유리하게는 이들 타입들의 변화들에 의해 영향받지 않는 누설 소거 기준을 제공한다.
- [0038] [0042] 도 5는 본 명세서에 개시된 양상들에 따른 소형 폼 팩터 5G 통신 디바이스(502)의 기능 블록 다이어그램(500)이다. 5G 통신 디바이스(502)는 일반적인 5G 통신 기능들에 대해 그리고 다양한 양상들에 따라 FMCW 레이더 및 MC 누설 완화를 수행하기 위해 동작가능할 수 있는 안테나 모듈들(558A, 558B)을 포함한다. 묘사된 바와 같이, 안테나 모듈들(558A, 558B)은 동일하지만, 안테나 모듈들이 본 명세서에서 논의된 것들에 부가하여 컴포넌트들, 구성, 및 기능의 관점에서 변할 수 있다는 것이 고려된다. 추가로, 2개의 안테나 모듈들(558A, 558B)이 묘사되지만, 구현들은 더 많거나 또는 더 적은 안테나 모듈들을 포함할 수 있다.
- [0039] [0043] 도시된 바와 같이, 안테나 모듈들(558A, 558B) 각각은 도 3에 예시된 바와 같이 누설 완화를 위한 장치를 실질적으로 포함한다. 예컨대, 안테나 모듈들(558A, 558B)은 개개의 FMCW 모듈들(510A, 510B), 방사 안테나들(518A, 518B), 수신 안테나들(520A, 520B), 지연 탭들(540A, 540B), 및 신호 합산기들(550A, 550B)을 포함한다. 신호 합산기들(550A, 550B)로부터의 출력들은 범위 검출기(560)로 지향된다. 하나의 범위 검출기(560)가 안테나 모듈들(558A, 558B) 둘 모두에 공통적으로 커플링된 것으로 도시되지만, 다른 실시예들은, 예컨대 각각의 안테나 모듈(558A, 558B)에 대한 개별적인 범위 검출기를 제공한다.
- [0040] [0044] 안테나 모듈(558A)의 MC 누설 완화 부분의 기능은 도 3에 관해 위에서 설명된 것과 동일하다. 즉, FMCW 처프 파형이 방사 안테나(518A)에서 송신될 때, 그 파형은 실질적으로 더 낮은 전력의 타겟 반사 신호와 동시에 고에너지 MC 누설로서 수신 안테나(520A)에서 수신될 수 있다. 본 명세서에서 설명된 차동 방법들을 사용하여, FMCW 모듈(510A)의 회로부 및/또는 로직은 MC 누설의 에너지를 제거하고 타겟 범위 결정에서의 사용을 위해 타겟 반사 에너지를 격리시키도록 동작한다.
- [0041] [0045] 일 양상에 따르면, 5G 통신 디바이스(502)는 메모리(580), 범위 검출기(560), 및 안테나 모듈들(558A, 558B)에 기능적으로 커플링된 프로세서(570)를 포함한다. 프로세서(570)는, 안테나 모듈들(558A, 558B)을 제어하고, 범위 검출기(560)를 제어하고, 범위 검출기(560)로부터 FMCW 범위 데이터를 수신하고, FMCW 범위 데이터를 분류하며, 메모리(580)에 범위 데이터를 저장하고 그 범위 데이터에 액세스하기 위한 명령들을 포함하는 명령들을 실행할 수 있다.
- [0042] [0046] 일 예에서, 프로세서(570)는 안테나 모듈(558B)에 의해 생성된 FMCW 레이더 범위 데이터를 분류하고, 예컨대, 인간 타겟이 1 cm 내에 있다고 결정할 수 있으며, 이는 전력 관리가 MPE 준수를 유지하게 할 수 있다. 프로세서(570)는 또한, 다른 안테나 모듈(558A)을 통한 그러한 검출들이 존재하지 않는다고 결정할 수 있다. 이어서, 1 cm 범위에서 MPE를 초과하는 전력으로 안테나 모듈(558B)을 사용하는 송신을 위해 큐잉된 장래의 5G 통신은, 어떠한 인간 조직도 5G 통신 송신 에너지에 과도하게 노출될 위험에 있지 않을 것으로 예상하여 송신을 위해 안테나 모듈(558A)에 재할당될 수 있다.
- [0043] [0047] 5G 통신 디바이스(502)의 기능 블록들이 하드웨어, 펌웨어, 및/또는 소프트웨어에서 다양한 조합들로 구현될 수 있다는 것이 인식될 것이다. 5G 통신 디바이스(502)와 같은 소형 폼 팩터 디바이스들의 경우, 묘사된 모든 모듈들의 기능들 중 일부 또는 전부는 SoC(System on Chip)에 또는 프로세서(570) 및/또는 메모리(580)에 통합될 수 있다.
- [0044] [0048] 도 6은 본 명세서에 개시된 양상들에 따른, MC 누설을 완화시키고 타겟 범위를 결정하는 방법(600)을 묘사하는 흐름도이다. 블록(610)에서, 복합 신호가 수신된다. 일 양상에서, 복합 신호는 FMCW 모듈(310)의 수신 안테나(128)에서 수신된 Rx 신호(140)이다. 복합 신호는 타겟 반사(126)와 같은 타겟 반사 신호, 및 MC 누설(123)과 같은 MC 누설 신호를 포함한다. 타겟 반사 신호는 FMCW 레이더 동작에 따른 처프-변조된 파형 일 수 있는 오리지널 Tx 신호의 타겟 오브젝트로부터의 반사로서 간주될 수 있다. 타겟 반사 신호의 전력은, 적어도, 타겟 오브젝트(124)와 같은 타겟까지의 그리고 그 타겟으로부터의 송신 거리, 및 타겟 표면의 에너지 흡수 특성들로 인해 저하될 수 있다. MC 누설 신호는, 타겟 반사 신호의 감소된 전력 뿐만 아니라 수신 안테나에 대한 방사 안테나의 매우 가까운 근접도로 인해 타겟 반사 신호보다 상당히 더 높은 전력 레벨에 있을 수 있다. MC 누설 신호와 타겟 반사 신호 사이의 전력 불일치는 대략 20 dB일 수 있지만, 이는 추정치이고 실제 전력 불일치

들이 상당히 변할 수 있다는 것이 인식될 것이다. 그러나, 전력 불일치로 인해, 타겟 반사 신호는 전체적으로 복합 신호에서 검출가능하지 않을 수 있다. 수신된 복합 신호는, 이를테면 LNA(130)에 의해 전력 부스팅될 수 있다.

[0045] [0049] 블록(620)에서, 복합 비트(160)와 같은 복합 비트 파형은 Tx 신호(116)와 같은 오리지널 신호와 복합 신호를 믹싱함으로써 생성된다. 이러한 방식으로, 복합 신호의 컴포넌트 MC 누설 및 타겟 반사 파형들을 포함하여, 복합 신호의 처프 변조가 제거된다. 도 2c 및 도 2d에 묘사된 이상화된 MC 누설과 타겟 반사 파형들의 비교는 오리지널 신호, 예컨대 Tx 신호(116)와의 믹싱 효과를 예시한다. 믹싱의 결과는 복합 신호의 타겟 반사 및 MC 누설 파형 컴포넌트들, 이를테면 도 2d에 묘사된 MC(t) 및 TGT(t) 각각으로부터 도출된 정현파 "비트"를 포함하는 복합 비트 파형이다.

[0046] [0050] 블록(630)에서, 타겟 비트 파형, 이를테면 타겟 비트(340)는 시간 k에서 복합 비트 파형으로부터, 가중된 k-지연된 복합 비트 파형을 감산함으로써 생성된다. 본질적으로, 타겟 비트 파형은 MC 누설 비트 파형을 소거시킴으로써 복합 비트 파형으로부터 격리된다. 도 3과 관련하여 위에서 더 상세히 논의된 바와 같이, 시간 t-k에서의 MC 누설 비트 파형(MC(t-k))은 시간 t에서의 MC 누설 비트 파형(MC(t))과 매우 상관되는 것으로 간주될 수 있으며, 따라서 그 MC(t-k)는 복합 비트 파형으로부터 MC(t)를 소거시키는 데 효과적이다. 대조적으로, 시간 t-k에서의 타겟 비트 파형(TGT(t-k))은 시간 t에서의 타겟 비트 파형(TGT(t))과 상관되지 않는 것으로 간주될 수 있으며, 따라서 TGT(t-k)를 TGT(t)와 네거티브-합산하는 것은 TGT(t)를 소거시키지 않고, 합산으로부터의 잔여물은 단순히 타겟 비트 파형(TGT(t))이다.

[0047] [0051] 블록(640)에서, 타겟 비트 파형은 타겟 오브젝트(124)와 같은 타겟 오브젝트의 범위에 관한 결정을 행하는 데 사용될 수 있다. 알려진 FMCW 레이더 방법들은 타겟 비트 파형을 수신하는 범위 검출기, 이를테면 범위 검출기(190)에서 사용되어, 타겟 오브젝트까지의 거리에 대한 그 검출기의 비례성에 의해 그 검출기의 "비트" 주파수(즉, "톤")로부터 범위 추정치를 결정할 수 있다. 이어서, 위에서 논의된 바와 같이, 범위 추정치는 분류 및 추가적인 액션을 위해 프로세서(570)와 같은 프로세서에 제공될 수 있다.

[0048] [0052] 당업자들은, 정보 및 신호들이 다양한 상이한 기법들 및 기술들 중 임의의 기법 및 기술을 사용하여 표현될 수 있음을 인식할 것이다. 예컨대, 위의 설명 전반에 걸쳐 참조될 수 있는 데이터, 명령들, 커맨드들, 정보, 신호들, 비트들, 심볼들, 및 칩들은 전압들, 전류들, 전자기파들, 자기장들 또는 자기 입자들, 광학 필드들 또는 광학 입자들, 또는 이들의 임의의 조합에 의해 표현될 수 있다.

[0049] [0053] 추가로, 당업자들은, 본 명세서에 개시된 양상들과 관련하여 설명된 다양한 예시적인 로직 블록들, 모듈들, 회로들, 및 알고리즘 단계들이 전자 하드웨어, 컴퓨터 소프트웨어, 또는 이들의 조합들로서 구현될 수 있음을 인식할 것이다. 하드웨어와 소프트웨어의 이러한 상호교환가능성을 명확히 예시하기 위해, 다양한 예시적인 컴포넌트들, 블록들, 모듈들, 회로들, 및 단계들은 그들의 기능 관점에서 일반적으로 위에서 설명되었다. 그러한 기능이 하드웨어로 구현되는지 또는 소프트웨어로 구현되는지 여부는 특정 애플리케이션, 및 전체 시스템에 부과된 설계 제약들에 의존한다. 당업자들은 설명된 기능을 각각의 특정 애플리케이션에 대해 다양한 방식으로 구현할 수 있지만, 그러한 구현 결정들이 본 명세서에 설명된 다양한 양상들의 범위를 벗어나는 것으로서 해석되지는 않아야 한다.

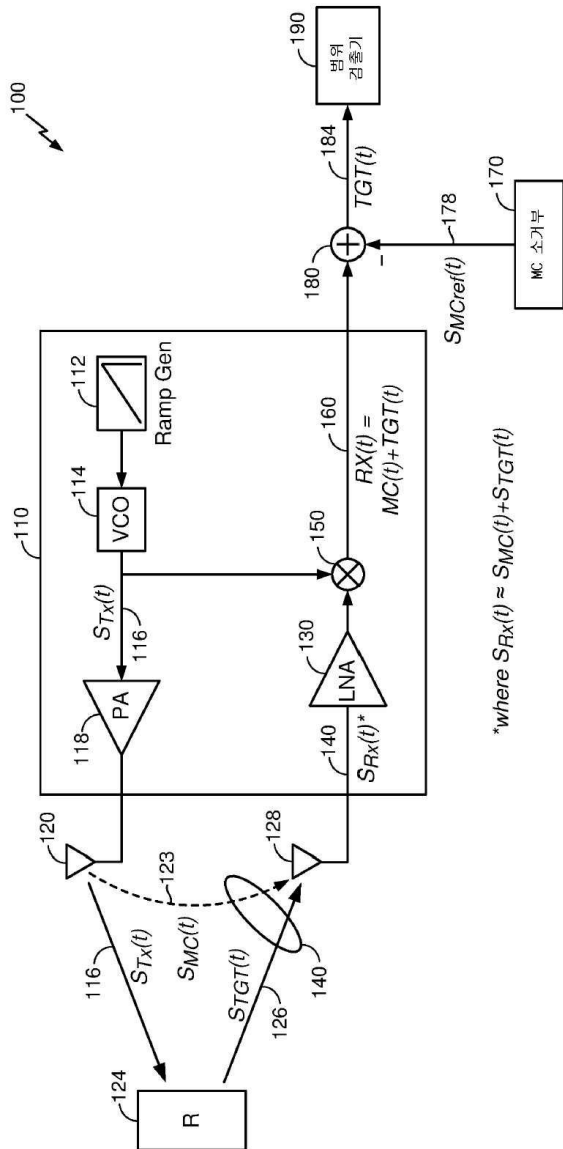
[0050] [0054] 본 명세서에 개시된 양상들과 관련하여 설명된 다양한 예시적인 로직 블록들, 모듈들, 및 회로들은 범용 프로세서, DSP(digital signal processor), ASIC(application specific integrated circuit), FPGA(field programmable gate array) 또는 다른 프로그래밍가능 로직 디바이스, 이산 게이트 또는 트랜지스터 로직, 이산 하드웨어 컴포넌트들, 또는 본 명세서에 설명된 기능들을 수행하도록 설계된 이들의 임의의 조합으로 구현 또는 수행될 수 있다. 범용 프로세서는 마이크로프로세서일 수 있지만, 대안적으로, 프로세서는 임의의 종래의 프로세서, 제어기, 마이크로제어기, 또는 상태 머신일 수 있다. 또한, 프로세서는 컴퓨팅 디바이스들의 조합(예컨대 DSP와 마이크로프로세서의 조합, 복수의 마이크로프로세서들, DSP 코어와 결합된 하나 이상의 마이크로프로세서들, 또는 다른 그러한 구성들)로서 구현될 수 있다.

[0051] [0055] 소형 폼 팩터 디바이스는 사이즈를 최소화하도록 설계된 디바이스로서 당업자들에 의해 인식될 것이며, 기술들이 발전함에 따라, 추가적인 소형화에 대한 지속적인 관심이 존재한다는 것이 인식될 것이다. 특히, 본 명세서에서 고려되는 것들과 같은 소형 폼 팩터 5G 통신 디바이스들의 경우, 이용되는 고주파수들은 기존의 송신 및 수신 안테나들을 사용하는 FMCW(frequency modulated continuous wave) 레이더의 포함과 같은 새로운 기술적 기회들을 제시한다. 본 명세서에서 묘사된 모듈들의 기능들 중 일부 또는 전부는 또한 유리하게, 사이즈 및 전력 소비를 최소화하기 위해 SoC(System on Chip)에 통합될 수 있다.

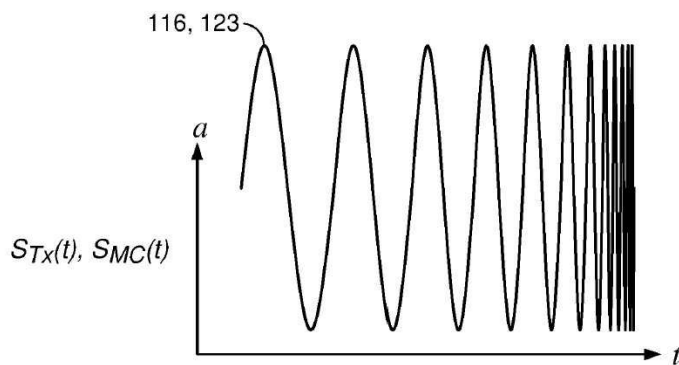
- [0052] [0056] 본 명세서에 개시된 양상들과 관련하여 설명된 방법들, 시퀀스들 및/또는 알고리즘들은 직접 하드웨어로, 프로세서에 의해 실행되는 소프트웨어 모듈로, 또는 이 둘의 조합으로 구현될 수 있다. 소프트웨어 모듈은 RAM, 플래시 메모리, ROM, EPROM, EEPROM, 레지스터들, 하드 디스크, 착탈형 디스크, CD-ROM, 또는 당업계에 알려진 임의의 다른 형태의 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 매체에 상주할 수 있다.
- [0053] [0057] 예시적인 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 매체는 프로세서가 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 매체로부터 정보를 판독하고, 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 매체에 정보를 기입할 수 있도록 프로세서에 커플링될 수 있다. 대안적으로, 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 매체는 프로세서에 통합될 수 있다. 프로세서 및 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 매체는 ASIC에 상주할 수 있다. ASIC는 사용자 디바이스(예컨대, UE) 또는 기지국에 상주할 수 있다. 대안적으로, 프로세서 및 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 매체는 사용자 디바이스 또는 기지국에서 개별 컴포넌트들로서 상주할 수 있다.
- [0054] [0058] 하나 이상의 예시적인 양상들에서, 본 명세서에 설명된 기능들은 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어, 또는 이들의 임의의 조합으로 구현될 수 있다. 소프트웨어로 구현되면, 기능들은 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 매체에 하나 이상의 명령들 또는 코드로서 저장되거나 이를 통해 송신될 수 있다. 컴퓨터 판독가능 매체들은, 일 장소에서 다른 장소로 컴퓨터 프로그램을 전달하는 것을 용이하게 할 수 있는 임의의 비-일시적인 매체를 포함한 통신 매체들 및/또는 저장 매체들을 포함할 수 있다. 저장 매체들은 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 이용가능한 매체들일 수 있다. 제한이 아닌 예로서, 그러한 컴퓨터-판독가능 매체들은 RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM 또는 다른 광학 디스크 저장부, 자기 디스크 저장부 또는 다른 자기 저장 디바이스들, 또는 명령들 또는 데이터 구조들의 형태로 원하는 프로그램 코드를 반송(carry) 또는 저장하는 데 사용될 수 있고, 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 다른 매체를 포함할 수 있다. 또한, 임의의 연결수단(connection)이 컴퓨터-판독가능 매체로 적절히 지칭된다. 예컨대, 소프트웨어가 동축 케이블, 광섬유 케이블, 연선(twisted pair), DSL, 또는 (적외선, 라디오, 및 마이크로파와 같은) 무선 기술들을 사용하여 웹사이트, 서버, 또는 다른 원격 소스로부터 송신되면, 동축 케이블, 광섬유 케이블, 연선, DSL, 또는 (적외선, 라디오, 및 마이크로파와 같은) 무선 기술들이 매체의 정의에 포함된다. 본 명세서에서 상호교환가능하게 사용될 수 있는 용어 디스크(disk) 및 디스크(disc)는 CD, 레이저 디스크(disc), 광학 디스크(disc), DVD, 플로피 디스크(disk) 및 블루-레이 디스크(disc)들을 포함하며, 이들은 일반적으로 데이터를 자기적으로 재생하고 그리고/또는 레이저들을 이용하여 광학적으로 데이터를 재생한다. 위의 조합들이 또한 컴퓨터-판독가능 매체들의 범위 내에 포함되어야 한다.
- [0055] [0059] 전술한 개시내용이 예시적인 양상들을 나타내지만, 당업자들은 다양한 변화들 및 변형들이 첨부된 청구항들에 의해 정의된 바와 같은 본 개시내용의 범위를 벗어나지 않으면서 본 명세서에서 행해질 수 있다는 것을 인식할 것이다. 더욱이, 본 명세서에 설명된 다양한 예시적인 양상들에 따르면, 당업자들은, 위에서 설명되고 그리고/또는 본 명세서에 첨부된 임의의 방법 청구항들에서 언급된 임의의 방법들에서의 기능들, 단계들, 및/또는 액션들이 임의의 특정한 순서로 수행될 필요가 없다는 것을 인식할 것이다. 더 추가로, 임의의 엘리먼트들이 단수형으로 위에서 설명되거나 첨부된 청구항들에서 언급되는 한, 당업자들은, 단수형(들)로의 제한이 명시적으로 나타나지 않으면 단수형(들)이 또한 복수를 고려한다는 것을 인식할 것이다.

도면

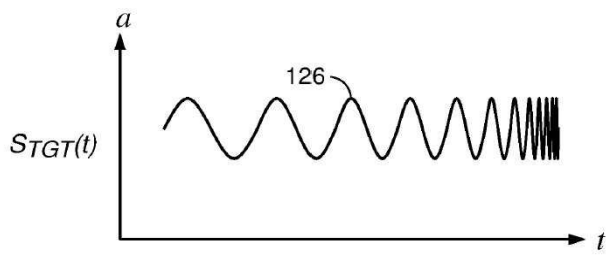
도면1



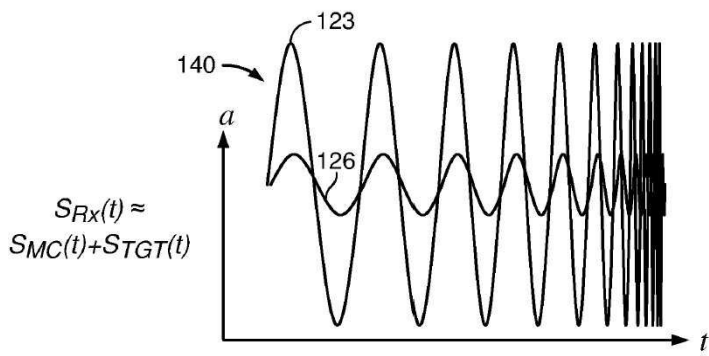
도면2a



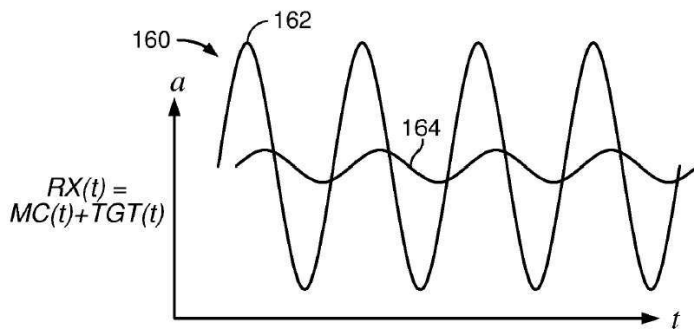
도면2b



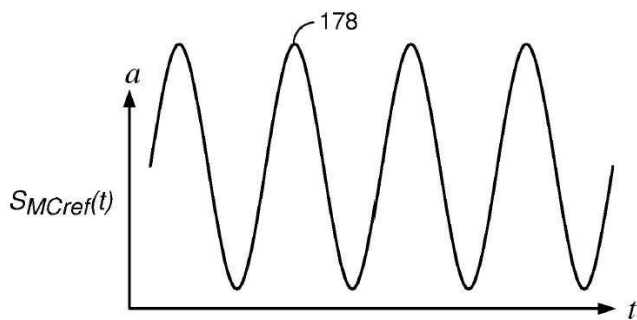
도면2c



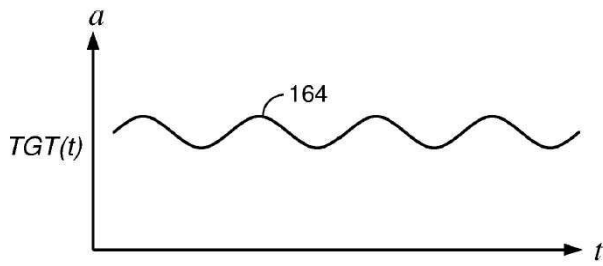
도면2d



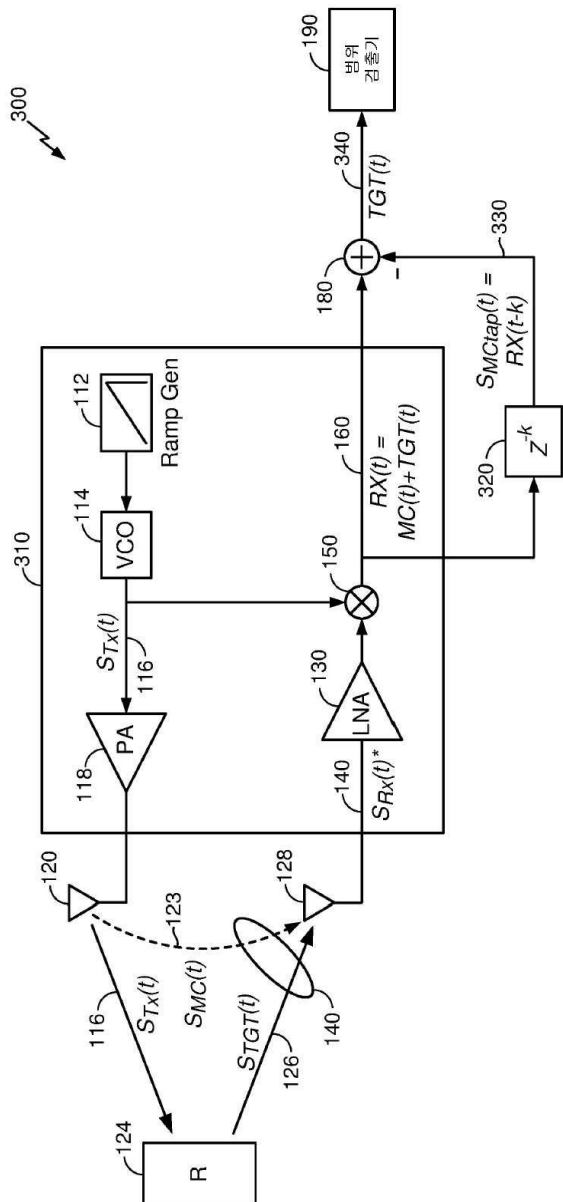
도면2e



도면2f

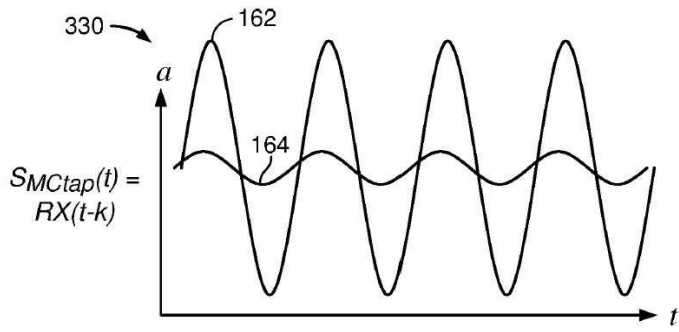


도면3

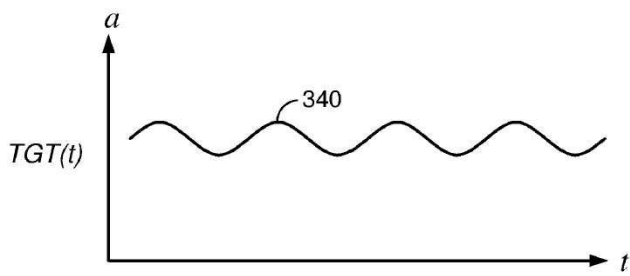


*where $S_{RX}(t) \approx S_{MC}(t) + S_{TGT}(t)$

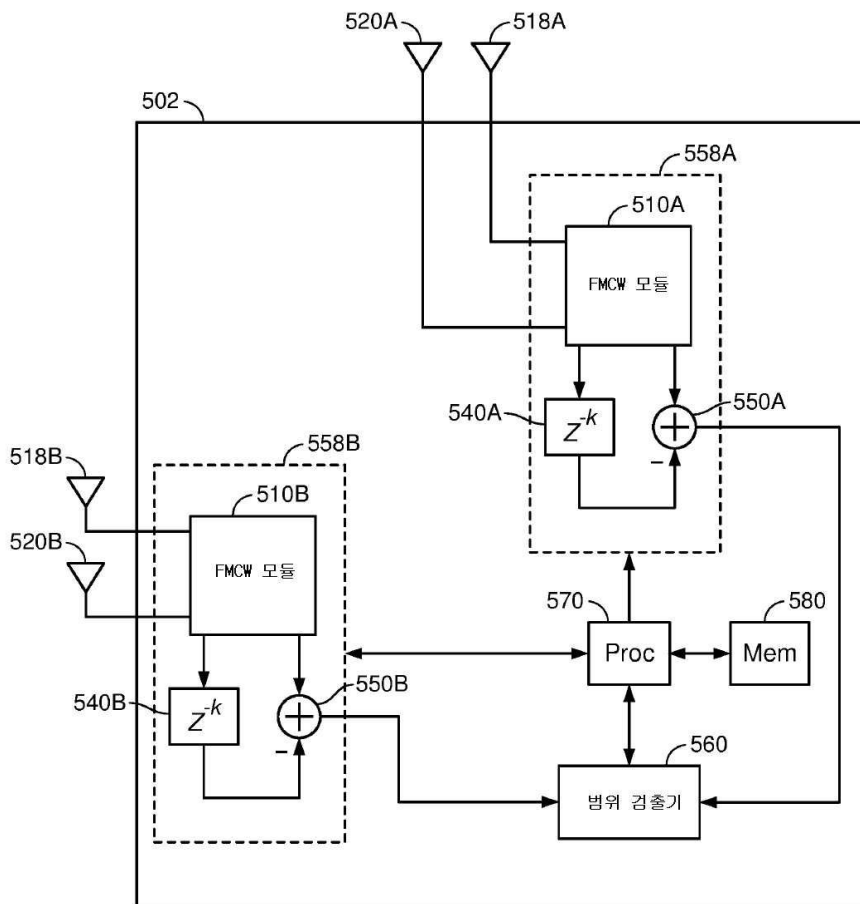
도면4a



도면4b



도면5



도면6

