(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0010311
(43) 공개일자 2014년01월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G09B 9/40 (2006.01) *G09B 9/42* (2006.01)
G01S 13/66 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0077400
(22) 출원일자 2012년07월16일
심사청구일자 2012년07월16일

(71) 출원인
경상대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
고진환
경상남도 진주시 진주대로 805 주약현대아파트 102동 802호
(74) 대리인
정홍식, 김태헌, 이현수

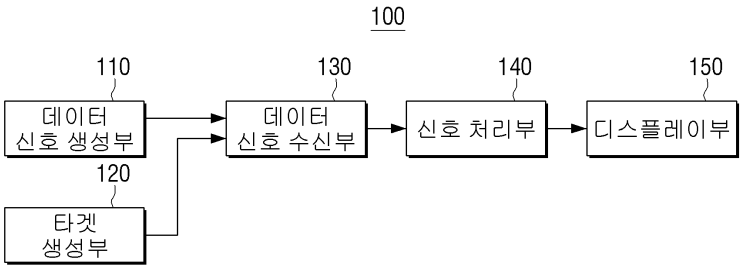
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **병렬처리를 이용한 레이더 시뮬레이터 장치 및 그 시뮬레이션 방법**

(57) 요 약

병렬처리를 이용한 레이더 시뮬레이터 장치가 개시된다. 본 레이더 시뮬레이터 장치는, 가상 항공기 레이더 동작을 위한 입력 파라미터에 따라 가상 레이더 신호를 발생시키는 레이더 신호 전송부, 가상의 타겟을 생성하는 타겟 생성부, 반사 레이더 신호를 가상으로 수신하는 레이더 신호 수신부, 수신된 반사 레이더 신호에 대해 병렬적으로 정합 필터링 처리를 수행하고, 필터링 결과에 대해 병렬적으로 CFAR(Constant False Alarm Rate) 검파 처리를 수행하여 타겟 위치를 판별하는 신호 처리부, 및 판별된 타겟 위치를 디스플레이하는 디스플레이부를 포함한다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1425069186
부처명	중소기업청
연구사업명	산학연협력기술개발
연구과제명	레이더시뮬레이션의 병렬처리기 개발
기 여 율	1/2
주관기관	경상대학교
연구기간	2011.06.01 ~ 2012.05.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	NIPA-2012-H0301-12-3003
부처명	지식경제부
연구사업명	대학IT연구센터 육성지원사업
연구과제명	멀티코어기반 항공임베디드 소프트웨어 기술개발
기 여 율	1/2
주관기관	경상대학교
연구기간	2012.01.01 ~ 2012.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

병렬처리를 이용한 레이더 시뮬레이터 장치에 있어서,

레이더 시뮬레이션 동작을 위한 입력 파라미터에 따라 가상 레이더 신호를 발생시키는 레이더 신호 전송부;

가상의 타겟을 생성하는 타겟 생성부;

반사 레이더 신호를 가상으로 수신하는 레이더 신호 수신부;

상기 수신된 반사 레이더 신호에 대해 병렬적으로 정합 필터링 처리를 수행하고, 필터링 결과에 대해 병렬적으로 CFAR(Constant False Alarm Rate) 검파 처리를 수행하여 타겟 위치를 산출하는 신호 처리부; 및

상기 산출된 타겟 위치를 디스플레이하는 디스플레이부;를 포함하는 레이더 시뮬레이터 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 신호 처리부는,

상기 반사 레이더 신호에 대해 스캐닝을 수행하여 상기 타겟으로부터 반사된 가상 레이더 신호를 포함하는 구간을 검출하는 스캐닝부;

상기 검출된 신호 구간에 포함된 가상 레이더 신호를 증폭하는 증폭부; 및

상기 증폭된 가상 레이더 신호를 복수 개로 구분하고 구분된 각 레이더 신호에 대해 정합 필터링 처리를 병렬적으로 수행하며, 상기 정합 필터링 처리가 완료되면 필터링 결과에 대해 병렬적으로 CFAR 검파 처리를 수행하여 타겟 위치를 산출하는 복수의 프로세서;를 포함하는 것을 특징으로 하는 레이더 시뮬레이터 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 정합 필터링 처리를 수행하는 것은,

식 $$y(t_i) = \sum_k x(\tau_k) g^*(t_i - \tau_k)$$ (여기서, x는 상기 증폭된 가상 레이더 신호, g는 Reference 신호, y는 정합 필터링 결과)에 의해 상기 정합 필터링을 수행하는 것으로, i값에 따라 연산을 구분하여 병렬 처리하는 것을 특징으로 하는 레이더 시뮬레이터 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 CFAR 검파 처리를 수행하는 것은,

식 $$\gamma = -N\sigma^2 \ln(P_{fa})$$ (여기서, N은 Refernce 신호의 데이터 개수, σ^2은 잡음의 전력값,

P_{fa}는 오경보의 확률, γ 는 임계값)에 의해 임계값(γ)을 획득하는 과정을 포함하고, 상기 잡음의 전력값(σ^2)은 상기 필터링 결과를 구분하여 병렬 처리하여 연산하는 것을 특징으로 하는 레이더 시뮬레이터.

청구항 5

병렬처리를 이용한 레이더 시뮬레이터 장치의 시뮬레이션 방법에 있어서,

레이더 시뮬레이션 동작을 위한 입력 파라미터에 따라 가상 레이더 신호를 발생시키는 레이더 신호 전송하는 단계;

가상의 타겟을 생성하는 단계;

반사 레이더 신호를 가상으로 수신하는 레이더 신호 수신하는 단계;

상기 수신된 반사 레이더 신호에 대해 병렬적으로 정합 필터링 처리를 수행하고, 필터링 결과에 대해 병렬적으로 CFAR(Constant False Alarm Rate) 검파 처리를 수행하여 타겟 위치를 산출하는 단계; 및

상기 산출된 타겟 위치를 디스플레이하는 단계;를 포함하는 시뮬레이션 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 타겟 위치를 산출하는 단계는,

상기 반사 레이더 신호에 대해 스캐닝을 수행하여 상기 타겟으로부터 반사된 가상 레이더 신호를 포함하는 구간을 검출하는 스캐닝 단계;

상기 검출된 신호 구간에 포함된 가상 레이터 신호를 증폭하는 단계; 및

상기 증폭된 가상 레이더 신호를 복수 개로 구분하고 구분된 각 레이더 신호에 대해 정합 필터링 처리를 병렬적으로 수행하고, 상기 정합 필터링 처리가 완료되면 필터링 결과에 대해 병렬적으로 CFAR 검파 처리를 수행하여 타겟 위치를 산출하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 시뮬레이션 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 정합 필터링 처리를 수행하는 것은,

식 $$y(t_i) = \sum_k x(\tau_k) g^*(t_i - \tau_k)$$ (여기서, x는 상기 증폭된 가상 레이더 신호, g는 Reference 신호, y는 정합 필터링 결과)에 의해 상기 정합 필터링을 수행하는 것으로, i값에 따라 연산을 구분하여 병렬 처리하는 것을 특징으로 하는 시뮬레이션 방법.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 CFAR 검파 처리를 수행하는 것은,

식 $$\gamma = -N\sigma^2 \ln(P_{fa})$$ (여기서, N은 Refernce 신호의 데이터 개수, σ^2은 잡음의 전력값,

P_{fa}는 오경보의 확률, γ 는 임계값)에 의해 임계값(γ)을 획득하는 과정을 포함하고, 상기 잡음의 전력값(σ^2)은 상기 필터링 결과를 구분하여 병렬 처리하여 연산하는 것을 특징으로 하는 시뮬레이션 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 병렬처리를 이용한 레이더 시뮬레이터 장치 및 그 시뮬레이션 방법에 관한 것으로, 특히, 항공기 레이더 동작을 실제 비행 환경과 동일한 조건에서 수행할 수 있는 시뮬레이터 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 전 세계적으로 항공기 훈련체계 획득 동향은 항공기를 사용하는 공중훈련체계뿐만 아니라 지상훈련체계도 동시에 획득되고 있는 실정이다. 이러한 지상훈련 체계는 지상에서 모의 훈련을 함으로써 처음부터 실제 항공기에 탑승하여 비행훈련을 할 경우 발생되는 치명적인 사고를 미연에 방지할 수 있으며 고가의 항공기에 대한 손실감소와 인명피해를 줄일 수 있다는 장점이 있다.

[0003] 한편, 조종사가 단순한 비행제어 훈련만 수행하는 것이 아니라 적기가 나타나거나 지상의 지대공 미사일과 같은 위협이 되는 상황에 대처할 수 있는 훈련을 수행할 필요가 있다.

[0004] 따라서, 레이더가 가상의 적에 관한 정보를 입력받아 레이더의 파라미터에 맞는 전파를 방사하고, 타겟에 맞고 되돌아오는 전파수신하여 타겟의 위치를 판별하여 디스플레이하는 시뮬레이션 과정을 필요로 하게 된다.

[0005] 그러나, 종래에 개발된 레이더 시뮬레이터는 레이더 시스템의 복잡성으로 인하여 실시간 동작이 되지 않는 문제점이 있었다.

발명의 내용

[0006] 따라서, 상술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은, 병렬 처리를 이용하여 레이더 시뮬레이션의 처리속도 및 신뢰도를 향상시킬 수 있는 레이더 시뮬레이터 장치 및 그 시뮬레이션 방법을 제공하는 데 있다.

[0007] 상술한 목적을 수행하기 위한 본 실시 예에 따른 병렬처리를 이용한 레이더 시뮬레이터 장치는,레이더 시뮬레이션 동작을 위한 입력 파라미터에 따라 가상 레이더 신호를 발생시키는 레이더 신호 전송부, 가상의 타겟을 생성하는 타겟 생성부, 반사 레이더 신호를 가상으로 수신하는 레이더 신호 수신부, 상기 수신된 반사 레이더 신호에 대해 병렬적으로 정합 필터링 처리를 수행하고, 필터링 결과에 대해 병렬적으로 CFAR(Constant False Alarm Rate) 검파 처리를 수행하여 타겟 위치를 산출하는 신호 처리부 및 상기 산출된 타겟 위치를 디스플레이하는 디스플레이부를 포함한다.

[0008] 여기서, 상기 신호 처리부는, 상기 반사 레이더 신호에 대해 스캐닝을 수행하여 상기 타겟으로부터 반사된 가상 레이더 신호를 포함하는 구간을 검출하는 스캐닝부, 상기 검출된 신호 구간에 포함된 가상 레이더 신호를 증폭하는 증폭부 및 상기 증폭된 가상 레이더 신호를 복수 개로 구분하고 구분된 각 레이더 신호에 대해 정합 필터링 처리를 병렬적으로 수행하며, 상기 정합 필터링 처리가 완료되면 필터링 결과에 대해 병렬적으로 CFAR 검파 처리를 수행하여 타겟 위치를 산출하는 복수의 프로세서;를 포함할 수 있다.

[0009] 한편, 상기 정합 필터링 처리를 수행하는 것은,

$$y(t_i) = \sum_k x(\tau_k) g^*(t_i - \tau_k)$$

[0010] 식 (여기서, x는 상기 증폭된 가상 레이더 신호, g는 Reference 신호, y는 정합 필터링 결과)에 의해 상기 정합 필터링을 수행하는 것으로, i값에 따라 연산을 구분하여 병렬 처리할 수 있다.

[0011] 한편, 상기 CFAR 검파 처리를 수행하는 것은,

[0012] 식 $\gamma = -N\sigma^2 \ln(P_{fa})$ (여기서, N은 Refernce 신호의 데이터 개수, σ^2은 잡음의 전력값, P_{fa}는 오경보의 확률, γ 는 임계값)에 의해 임계값(γ)을 획득하는 과정을 포함하고, 상기 잡음의 전력값(σ^2)은 상기 필터링 결과를 구분하여 병렬 처리할 수 있다.

[0013] 한편, 본 실시 예에 따른 병렬 처리를 이용한 레이더 시뮬레이터 장치의 시뮬레이션 방법은, 레이더 시뮬레이션 동작을 위한 입력 파라미터에 따라 가상 레이더 신호를 발생시키는 레이더 신호 전송하는 단계, 가상의 타겟을 생성하는 단계, 반사 레이더 신호를 가상으로 수신하는 레이더 신호 수신하는 단계, 상기 수신된 반사 레이더 신호에 대해 병렬적으로 정합 필터링 처리를 수행하고, 필터링 결과에 대해 병렬적으로 CFAR(Constant False Alarm Rate) 검파 처리를 수행하여 타겟 위치를 산출하는 단계 및 상기 산출된 타겟 위치를 디스플레이하는 단계를 포함한다.

[0014] 여기서, 상기 타겟 위치를 산출하는 단계는, 상기 반사 레이더 신호에 대해 스캐닝을 수행하여 상기 타겟으로부터 반사된 가상 레이더 신호를 포함하는 구간을 검출하는 스캐닝 단계, 상기 검출된 신호 구간에 포함된 가상 레이터 신호를 증폭하는 단계 및 상기 증폭된 가상 레이더 신호를 복수 개로 구분하고 구분된 각 레이더 신호에 대해 정합 필터링 처리를 병렬적으로 수행하고, 상기 정합 필터링 처리가 완료되면 필터링 결과에 대해 병렬적으로 CFAR 검파 처리를 수행하여 타겟 위치를 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 한편, 상기 정합 필터링 처리를 수행하는 것은,

$$y(t_i) = \sum_k x(\tau_k) g^*(t_i - \tau_k)$$

[0016] 식 (여기서, x는 상기 증폭된 가상 레이더 신호, g는 Reference 신호, y는 정합 필터링 결과)에 의해 상기 정합 필터링을 수행하는 것으로, i값에 따라 연산을 구분하여 병렬 처리할 수 있다.

[0017] 한편, 상기 CFAR 검파 처리를 수행하는 것은,

$$\gamma = -N\sigma^2 \ln(P_{fa})$$

[0018] 식 (여기서, N은 Refernce 신호의 데이터 개수, σ^2은 잡음의 전력값, P_{fa}는 오경보의 확률, γ 는 임계값)에 의해 임계값(γ)을 획득하는 과정을 포함하고, 상기 잡음의 전력값(σ^2)은 상기 필터링 결과를 구분하여 병렬 처리할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 레이더 시뮬레이터 장치의 구성을 나타내는 블럭도,

도 2는 도 1의 레이더 시뮬레이터 장치의 구체적인 구성을 설명하기 위한 블럭도,

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 레이더 시뮬레이터 장치에서 생성된 LFM(Linear Frequency Modulation) 신호를 나타낸 도면,

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 레이더 시뮬레이터 장치의 스캐닝 처리 동작을 설명하기 위한 도면,

도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 레이더 시뮬레이터 장치가 정합 필터링 처리를 하기 전의 반사 레이더 신호를 나타낸 도면,

도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 레이더 시뮬레이터 장치가 반사 레이더 신호를 정합 필터링 처리한, 결과를 나타낸 도면,

도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 배경 클러터(Backgorund clutter)을 나타낸 도면,

도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 CFAR 검파 처리에 적용되는 스플릿 윈도우 노멀라이저(Split window normalizer)를 나타낸 도면,

도 9는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 CFAR 검파처리에 적용되는 어댑티브 노멀라이저(adaptive normalizer)를 나타낸 도면,

도 10은 본 발명의 일 실시 예에 따른 CFAR 검파처리를 수행하는 과정을 설명하기 위한 도면,

도 11은 본 발명의 일 실시 예에 따른 레이더 시뮬레이터 장치의 시뮬레이션 방법을 설명하기 위한 흐름도, 그리고

도 12는 본 발명의 일 실시 예에 따른 레이더 시뮬레이터 장치의 시뮬레이션 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 그리고, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단된 경우 그 상세한 설명은 생략한다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 레이더 시뮬레이터 장치(100)의 구성을 나타내는 블럭도이다.

[0022] 도 1을 참고하면, 레이더 시뮬레이터 장치(100)는 레이더 신호 전송부(110), 타겟 생성부(120), 레이더 신호 수신부(130), 신호 처리부(140), 및 디스플레이부(150)로 구성될 수 있다.

[0023] 레이더 신호 전송부(110)는 레이더 시뮬레이션 동작을 위한 입력 파라미터에 따라 가상 레이더 신호를 발생시킨다. 구체적으로, 레이더 신호 전송부(110)는 도 3와 같은 가상 레이더 신호를 발생시켜, 가상 타겟을 향해 일정 빔폭을 가진 가상 펄스 신호를 발생시키는 처리를 수행할 수 있다. 이 경우, 가상 레이더 신호는 도 3과 같은 LFM(Linear Frequency Modulation) 신호의 형태일 수 있다.

[0024] 한편, 레이더 신호 전송부(110)에서 생성된 LFM 신호는 신호 처리부(140)에서 Reference 신호로 사용될 수 있다.

[0025] 여기서, 일 실시 예로 입력 파라미터는 스캔율(Scan rate), 안테나 파라미터(Antenna parameters), 펄스 반복 주파수(Pluse repetition frequency), 펄스 폭(Pulse width), 최대 전송전력(Max transmission power) 중 적어도 하나의 값을 포함할 수 있다.

[0026] 타겟 생성부(120)는 가상의 타겟을 생성한다. 구체적으로, 타겟 생성부(120)에서는 타겟의 갯수, 속성, 위치, 상대 속도, 모양, 재질 및 기상환경에 따라 RCS(Radar Cross Section) 데이터를 연산하여 제공할 수 있다. 이러한 데이터는 사용자가 직접 입력할 수 있고, 기 설정된 조건에 따라 자동으로 생성할 수도 있다.

[0027] 레이더 신호 수신부(130)는 반사 레이더 신호를 가상으로 수신한다. 구체적으로 레이더 신호 전송부(110)로부터 생성된 가상 레이더 신호와 타겟 생성부(120)에서 생성된 가상의 타겟 데이터를 시뮬레이션하여 반사 레이더 신호를 생성하고, 이를 가상으로 수신하는 기능을 수행한다.

[0028] 신호 처리부(140)는 수신된 반사 레이더 신호에 대해 병렬적으로 정합 필터링 처리를 수행하고, 필터링 결과에 대해 병렬적으로 CFAR(Constant False Alarm Rate) 검파 처리를 수행하여 타겟 위치를 산출한다. 구체적으로, 신호처리부(140)는 레이더 신호 수신부(130)로부터 수신된 반사 레이더 신호를 처리하여 타겟의 위치를 식별할 수 있다.

[0029] 중복 설명을 피하기 위해 이하 도 2에서 신호 처리부(140)의 구체적인 동작을 설명하도록 한다.

[0030] 한편, 신호 처리부(140)의 일 실시 예로 레이더 신호 수신부(130)와 별개의 구성으로 설명하였으나, 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 신호 처리부(140)는 레이더 신호 수신부(130)의 일 구성으로 포함되어 그 기능을 수행할 수 있다.

[0031] 디스플레이부(150)는 판별된 타겟 위치를 디스플레이한다. 또한, 디스플레이부(150)는 레이더 신호 전송부(110) 및 신호 처리부(140)에서 연산 되는 각종 레이더 관련 데이터를 표시할 수 있다.

[0032] 한편, 본 실시 예에서는 디스플레이부(150)를 레이더 시뮬레이터 장치(100)의 일 구성으로 설명하였으나, 디스

플레이부(150)는 이에 한정되지 않고, 레이더 시뮬레이터 장치(100)와 별도의 장치로 구성될 수도 있다.

[0033] 도 2는 도 1의 레이더 시뮬레이터 장치(100)의 구체적인 구성을 설명하기 위한 블럭도이다.

[0034] 도 2를 참고하면, 레이더 시뮬레이터 장치(100)는 레이더 신호 전송부(110), 타겟 생성부(120), 레이더 신호 수신부(130), 신호 처리부(140), 디스플레이부(150), 저장부(160), 및 사용자 인터페이스부(170)를 포함할 수 있다. 또한, 신호 처리부(140)는 스캐닝부(141), 증폭부(142) 및 복수의 프로세서(143)를 포함할 수 있다.

[0035] 레이더 신호 전송부(110), 타겟 생성부(120), 레이더 신호 수신부(130), 및 디스플레이부(150)의 동작에 대해서는 도 1에서 구체적으로 설명한 바 있으므로, 중복설명은 생략한다.

[0036] 신호 처리부(140)는 타겟으로부터 반사된 레이더 신호를 적절하게 표시할 수 있도록 가공하는 연산을 수행할 수 있다. 구체적으로 신호 처리부(140)는 스캐닝 처리, 신호 증폭 처리, 정합 필터링 처리 및 CFAR 검파 처리를 수행하여 타겟의 위치를 정확하게 산출할 수 있다.

[0037] 스캐닝부(141)는 반사 레이더 신호에 대해 스캐닝을 수행하여 타겟으로부터 반사된 가상 레이더 신호를 포함하는 구간을 검출할 수 있다. 구체적으로, 기 설정된 스캐닝 처리 범위에 따라 도 4에 나타난 바와 같은 화살표 순서로 스캐닝 처리를 수행한다.

[0038] 한편, 도 4에서는 화살표 순서로 스캐닝 처리를 수행하는 것을 설명하였으나, 스캐닝 처리는 이외의 방향으로도 수행할 수 있다.

[0039] 증폭부(142)는 검출된 신호 구간에 포함된 가상 레이더 신호를 증폭할 수 있다. 또한, 증폭부(142)는 가상 레이더 신호를 증폭하는 연산을 수행하면서, 증폭 노이즈를 생성하여 가상 레이더 신호에 부가하는 연산을 수행할 수 있다.

[0040] 한편, 스캐닝 처리에 의해 검출된 가상 레이더 신호를 증폭 처리한 일 예로, 도 5에 나타낸 바와 같이, 잡음(noise)가 혼합된 신호이다. 여기서, x축은 수신 신호의 데이터 배열 순서이고, y축은 수신신호의 크기(단위 voltage)이다.

[0041] 복수의 프로세서(143)는 증폭된 가상 레이더 신호를 복수 개로 구분하고 구분된 각 레이더 신호에 대해 정합 필터링 처리를 병렬적으로 수행하며, 정합 필터링 처리가 완료되면 필터링 결과에 대해 병렬적으로 CFAR 검파 처리를 수행하여 타겟 위치를 판별할 수 있다.

[0042] 한편, 본 실시 예에서는 복수의 프로세서로 병렬 처리하는 것을 설명하였지만, 다수의 코어를 갖는 하나의 프로세서로도 병렬 처리가 가능하므로, 신호 처리부(140)는 복수의 프로세서 대신 다수의 코어를 갖는 하나의 프로세서로도 구성이 가능할 수 있다.

[0043] 이하에서는, 정합 필터링 처리와 CFAR 검파 처리에 대해 구체적으로 설명한다.

[0044] 정합 필터링 처리에 이용되는 정합 필터(Matched Filter)는 증폭된 가상 레이더 신호의 신호대잡음비(SNR)가 최대가 되도록 하는 선형필터로 정의될 수 있다. 아래의 식 (1)에 따라 정합 필터링 처리가 수행되고, 이에 따라 타겟에 관한 신호가 강조되어 타겟 탐지에 관한 오류 발생 확률을 감소시킬 수 있다.

[0045] $$y(t_i) = \sum_k x(\tau_k) g^*(t_i - \tau_k) \quad \cdots\cdots\cdots(1)$$

[0046] 여기서, x는 증폭된 가상 레이더 신호, g는 refernce신호, y는 정합 필터링 결과, t_i는 시간축의 변위, τ_k는 합에 관한 변수를 지칭한다.

[0047] 예를 들어, 도 5과 같은 스캐닝 처리에 의해 검출된 가상 레이더 신호를 증폭한 결과와, 도 3와 같은 레이더 신호 전송부(110)에서 전송한 가상 레이더 신호를 정합 필터에 통과시키면 도 6과 같은 데이터가 출력될 수 있다. 여기서, 도 5의 경우 입력신호가 되며, 도 3의 경우 refernce신호가 되어 정합 필터링 처리된 것이다.

[0048] 식 (1)에서 변수 i값에 대응하여 각각 프로세서에 입력이 가능하다. 예를 들어. y(t1)과 y(t2)는 각각 독립적으로 계산이 가능하므로 2개 이상의 프로세서를 갖는 경우 병렬 처리가 가능하다.

[0049] 이상과 같은 정합 필터링 처리에 의해 도 6의 그래프와 같이 수신된 가상 레이더 신호가 샤프(Sharp)한 형태의

값으로 나타나게 되어 타겟에 관한 신호가 강조될 수 있다.

[0050] CFAR 검파 처리는 정합 필터링 처리의 결과에 타겟의 유무를 판별해주는 연산 처리를 의미한다.

$$\Lambda(\bar{x}) = \mathrm{Re}\left(\bar{g}^{H}\bar{x}\right) \underset{H_0}{\overset{H_1}{\gtrless}} \gamma$$

[0051] .....(2)

[0052] 일반적으로 레이더에서의 최적의 검출(detection)방식은 Neyman - Pearson's criterior로 알려져 있는 검출방식이다. 이것은 false arlarm확률이 주어진 경우 , 검출의 확률을 최대로 할 수 있는 검출방식이며, white Gaussian noise를 가정할 경우 likelihood ratio test가 그 해결방안이 된다. 즉, 입력된 신호 x와, 원 신호(refernce) g을 식 (2)에 입력하여 나온 결과값이 임계값(threshold) γ 보다 크면 H_1의 가설을 택하여 타겟 신호가 있음으로 판정하고, γ 보다 작으면 H_0의 가설을 택하여 타겟 신호가 없는 것으로 판정한다.

[0053] 일 예로, 도 10를 참고하면, 신호처리부(140)는 임계값(1010) 큰 보다 신호를(1020)를 타겟으로 판단할 수 있다.

[0054] 여기서, 임계값(threshold) γ 는 식 (3)에 의해 계산될 수 있다.

$$\gamma = -N\sigma^2 \ln(P_{fa})$$

[0055] .....(3)

[0056] 여기서, σ^2는 신호의 분산 또는 잡음의 전력을, P_{fa}는 false alarm probability을, N은 Refernce 신호의 데이터 개수를 의미한다. 일반적으로 P_{fa} 는 0.1이하의 값을 가지며, 레이다에서는 detection 확률보다 P_{fa}확률이 더욱 중요한 의미를 갖는다. 보통 P_{fa}가 상수로 주어지고 detection확률을 최대로 만드는 알고리즘이 사용된다.

[0057] 한편, N은 정합 필터에서의 적분 변수 값의 최대 변위에 해당한다. 즉 식 (1)의 k가 1에서 N까지 변화한다. 이러한 N은 refernce 신호의 데이터 개수와 같다.

[0058] 실제적 환경의 경우, 도 7에서 나타내고 있는 배경 클러터(background clutter)는 시간에 따라 변하는 non-stationary 환경이 되므로 각각의 시간에서 false alarm이 달라질 수 있다. 그러므로, 위의 식(2)는 식(4)과 같이 변형되어 사용되어야 한다.

$$\Lambda_N(\bar{x}) = \frac{1}{\mu_\lambda}\Lambda(\bar{x}) = \frac{1}{\mu_\lambda}\cdot\left|\bar{g}^{H}\bar{x}\right|^2$$

[0059] .....(4)

[0060] 여기서 $\Lambda_N(\bar{x})$ 는 네이만-피어슨 통계 이론(Neyman-Pearson's Croterior)에 의한 통계 가설을 정의한 것이며, 여기서 x는 입력신호(정합 필터링 처리를 거친 결과값)벡터이고 g는 원신호(background clutter), 첨자 N은 정규화(nomalized)를 나타내고, μ_λ는 신호가 없을 때의 평균이다.

$$\mu_\lambda = E(\lambda \mid H_0) = \int_0^\infty \lambda \cdot f_\Lambda(\lambda)d\lambda = \int_0^\infty \frac{\lambda}{N\sigma^2}\exp\left(-\frac{\lambda}{N\sigma^2}\right)d\lambda = N\sigma^2$$

[0061] .....(5)

[0062] 식 (5)는 식 (4)에 적용된 μ_λ을 유도해나가는 과정을 나타내고 있다. μ_λ는 배경 클러터의 평균을 나타내는

값이다. 여기서, σ^2 은 잡음의 분산을 나타내고, N은 정규화분포(normalized distribution)를 나타낸다.

[0063] 따라서, 식 (4)을 통해 연산된 $\Lambda_N(\bar{x})$ 와, 식 (3)을 통해 연산된 임계값 γ 을 비교하여, $\Lambda_N(\bar{x})$ 이 임계값 γ 보다 크면 타겟이 존재하는 것으로 판정할 수 있다.

[0064] 한편, 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 신호 처리부(140)는 CFAR 검파 처리를 수행하는데 있어서, 도 8에서와 같이 두 개의 sliding window(810)을 이용하여 중간에 타겟 신호가 있는 경우에도 신호가 없는 μ_X를 계산할 수 있다. 이와 같은 노멀라이저(normalizer)를 스플릿 윈도우 노멀라이저(split window normalizer)라고 한다.

[0065] 한편, 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 신호 처리부(140)는 Background 잡음이 보다 큰 경우에는 도 9에서와 같은 어댑티브 노멀라이저(adaptive normalizer)를 사용할 수 있다. 윈도우의 크기를 가변적으로 조절하여 분산값(variance)이 큰 경우(910), 윈도우 크기를 크게 유지(915)하고, 분산값(variance)이 작은 경우(920), 윈도우 크기를 작게(925) 조절하면 타겟 신호가 큰 잡음(noise)에 묻힌 경우에도 잘 동작하게 된다.

[0066] 한편, 식 (3)에서 잡음의 전력값(분산값) σ^2은 슬라이딩 윈도우 내의 신호값들을 제곱하여 평균을 낸 값에 해당한다.

[0067] 슬라이딩 윈도우가 y축을 따라 움직이면서 잡음의 전력값을 계산하므로, 이 연산 과정을 구분하여 복수의 프로세서에서 병렬적으로 처리할 수 있다.

[0068] 즉, 정합 필터링 처리와 CFAR 검파 처리의 연산과정은 중복된 계산을 서로 독립적으로 처리할 수 있으므로 복수의 프로세서에 의한 병렬 처리에 매우 적합한 구조이다.

[0069] 따라서, 시뮬레이션 수행과정에서 연산시간이 가장 많이 소요되는 정합 필터링 처리와 CFAR 검파 처리부분을 병렬 계산하여 전체 레이더 시뮬레이터 장비의 속도를 향상시키고 실 시간 표시가 가능하게 할 수 있다.

[0070] 저장부(160)에는 가상 레이더 동작과 관련된 각종 프로그램이나 데이터, 사용자가 설정한 설정 정보, 시스템 구동 소프트웨어(Operating Software), 각종 어플리케이션 프로그램, 사용자 조작에 대응되는 동작에 대한 정보 등이 저장될 수 있다. 구체적으로, 입력 파라미터를 임시로 저장하고, 레이더 신호 전송부(110), 타겟 생성부(120), 레이더 신호 수신부(130) 또는 신호처리부(140)에 의하여 처리된 가상 레이더 신호의 전송, 수신, 신호처리에 관한 모든 데이터와 타겟 정보를 저장하는 기능을 갖는다.

[0071] 사용자 인터페이스부(170)는 영상을 표시하는 디스플레이 패널, 키보드, 마우스 및 적어도 하나 이상의 버튼을 포함할 수 있다. 이 경우, 디스플레이 패널은 터치 스크린으로 구현될 수 있다. 사용자 인터페이스부(250)는 각종 UI 화면을 제공하여주고, 사용자는 UI 화면을 직접 터치하거나, 사용자 인터페이스부(250)에 구비된 버튼을 조작하여 선택 명령을 입력할 수 있다. 선택 명령은 레이더 시뮬레이터 장비(100)가 구비한 다양한 기능을 설정하거나, 모드 변경, 동작 정지 및 재개 등을 설정하기 위한 명령일 수 있다.

[0072] 제어부(180)는 레이더 시뮬레이터 장치(100)에 포함된 각 구성을 제어할 수 있다. 제어부(150)에서 수행되는 동작의 일 예로는 레이더 신호 생성부(110), 타겟 생성부(120), 레이더 신호 수신부(130), 신호 처리부(140), 저장부(150) 및 사용자 인터페이스부(170)의 데이터 흐름 및 연산동작을 제어할 수 있다.

[0073] 이상과 같은 다양한 실시 예에 따른 레이더 시뮬레이터 장비(100)는 레이더 시뮬레이션의 처리속도 및 신뢰도를 향상시키고, 실시간 표시를 가능하게 할 수 있다.

[0074] 도 6 내지 도 10에 대해서는 상술한 도 2의 신호 처리부(140)에서 자세히 설명하였으므로, 중복설명은 생략한다.

[0075] 도 11은 본 발명의 일 실시 예에 따른 레이더 시뮬레이터 장치의 시뮬레이션 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0076] 도 11을 참고하면, 레이더 시뮬레이터 장치(100)는 레이더 시뮬레이션 동작을 위한 입력 파라미터에 따라 가상 레이더 신호를 발생시키는 레이더 신호 전송한다(S1110).

[0077] 그리고, 가상의 타겟을 생성하고(S1120), 가상 타겟에 반사된 반사 레이더 신호를 가상으로 수신한다(S1130).

[0078] 수신된 반사 레이더 신호에 대해 병렬적으로 정합 필터링 처리를 수행하고, 필터링 결과에 대해 병렬적으로

CFAR(Constant False Alarm Rate) 검파 처리를 수행하여 타겟 위치를 산출한다(S1140).

[0079] 이 경우, 상기 정합 필터링 처리를 수행하는 것은, 상기 식 (1)에 의해 상기 정합 필터링을 수행하는 것으로, i 값에 따라 연산을 구분하여 병렬 처리할 수 있다.

[0080] 한편, CFAR 검파 처리를 수행하는 것은, 상기 식 (3)에 의해 임계값(γ)을 획득하는 과정을 포함하고, 상기 잡음의 전력값(σ^2)은 정합 필터링 결과를 구분하여 병렬 처리할 수 있다.

[0081] 그리고, 산출된 타겟 위치를 디스플레이한다(S1150).

[0082] 한편, 도 11과 같은 시뮬레이션 방법은, 도 1의 구성을 가지는 레이더 시뮬레이터 장치(100)에서 실시될 수 있으며, 그 밖의 구성을 가지는 레이더 시뮬레이터 장치에서도 실행될 수 있다.

[0083] 도 12는 본 발명의 일 실시 예에 따른 레이더 시뮬레이터 장치의 시뮬레이션 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0084] 상술한 도 11의 타겟 위치를 산출하는 단계(S1140)를 구체화한 흐름도이다.

[0085] 레이더 시뮬레이터 장치(100)는 반사 레이더 신호를 가상으로 수신하고, 수신된 반사 레이더 신호에 대해 스캐닝을 수행할 수 있다(S1241).

[0086] 스캐닝 된 가상 레이터 신호를 증폭하고(S1242), 증폭된 가상 레이더 신호를 복수 개로 구분하여 구분된 각 레이더 신호에 대해 정합 필터링 처리를 병렬적으로 수행할 수 있다(S1243).

[0087] 그리고, 정합 필터링 처리가 완료되면 필터링 결과에 대해 병렬적으로 CFAR 검파 처리를 수행(s1244)하여 타겟 위치를 산출할 수 있다.

[0088] 이상과 같은 다양한 실시 예에 따른 레이더 시뮬레이션 방법은 레이더 시뮬레이션의 처리속도 및 신뢰도를 향상시키고, 실시간 표시를 가능하게 할 수 있다.

[0089] 한편, 이러한 다양한 실시 예에 따른 방법들은 프로그래밍되어 각종 저장 매체에 저장될 수 있다. 이에 따라, 저장 매체를 실행하는 다양한 유형의 전자 장치에서 상술한 다양한 실시 예에 따른 방법들이 구현될 수 있다.

[0090] 구체적으로는, 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 가상 항공기 레이더 동작을 위한 입력 파라미터에 따라 가상 레이더 신호를 발생시키는 레이더 신호 전송하는 단계, 가상의 타겟을 생성하는 단계, 반사 레이더 신호를 가상으로 수신하는 레이더 신호 수신하는 단계, 수신된 반사 레이더 신호에 대해 병렬적으로 정합 필터링 처리를 수행하고, 필터링 결과에 대해 병렬적으로 CFAR(Constant False Alarm Rate) 검파 처리를 수행하여 타겟 위치를 판별하는 단계, 판별된 타겟 위치를 디스플레이하는 단계를 순차적으로 수행하는 프로그램이 저장된 비일시적 판독 가능 매체(non-transitory computer readable medium)가 제공될 수 있다.

[0091] 비일시적 판독 가능 매체란 레지스터, 캐쉬, 메모리 등과 같이 짧은 순간 동안 데이터를 저장하는 매체가 아니라 데이터를 저장하며, 기기에 의해 판독(reading)이 가능한 매체를 의미한다. 구체적으로는, 상술한 다양한 어플리케이션 또는 프로그램들은 CD, DVD, 하드 디스크, 블루레이 디스크, USB, 메모리카드, ROM 등과 같은 비 일시적 판독 가능 매체에 저장되어 제공될 수 있다.

[0092] 또한, 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어 져서는 안 될 것이다.

부호의 설명

[0093] 100: 레이더 시뮬레이터 장치 110: 레이더 신호 전송부

120: 타겟 생성부 130: 레이더 신호 수신부

140: 신호 처리부 141: 스캐닝부

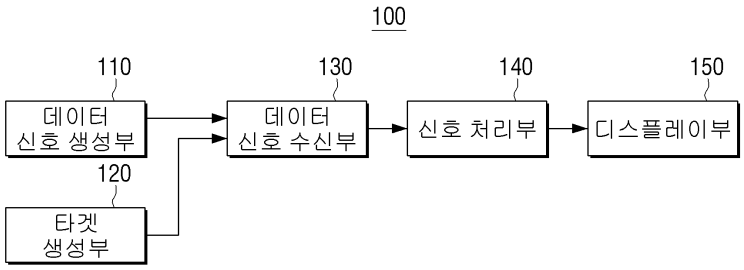
142: 증폭부 143: 복수의 프로세서

150: 디스플레이부 160: 사용자 인터페이스부

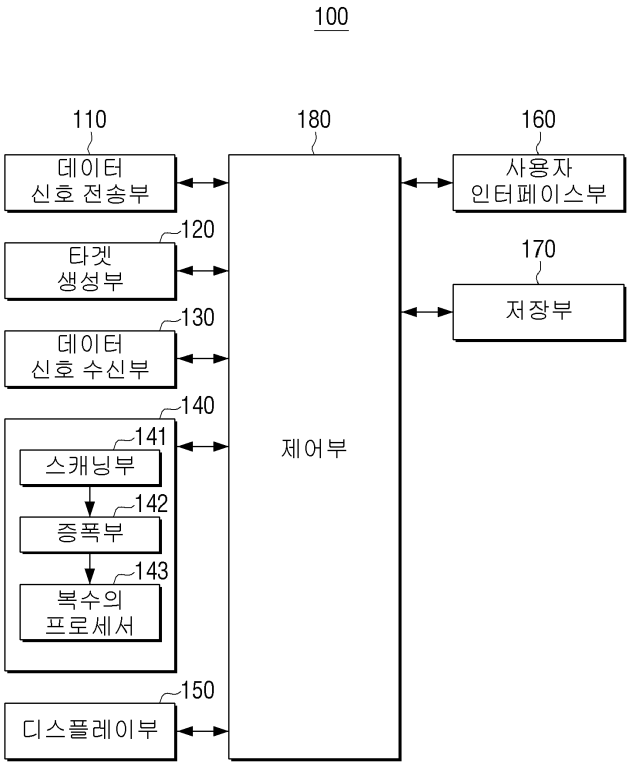
170: 저장부 180: 제어부

도면

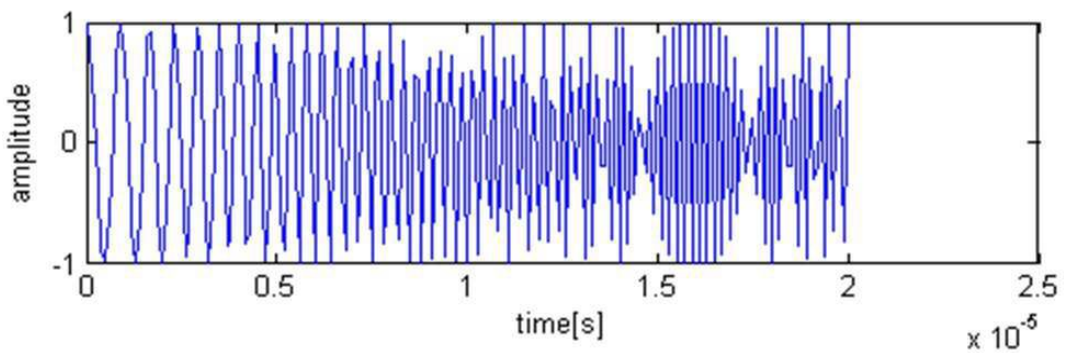
도면1



도면2



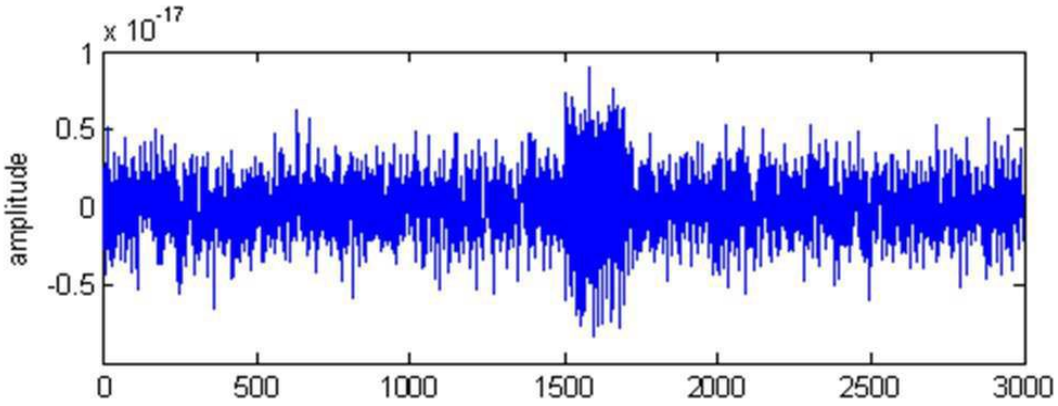
도면3



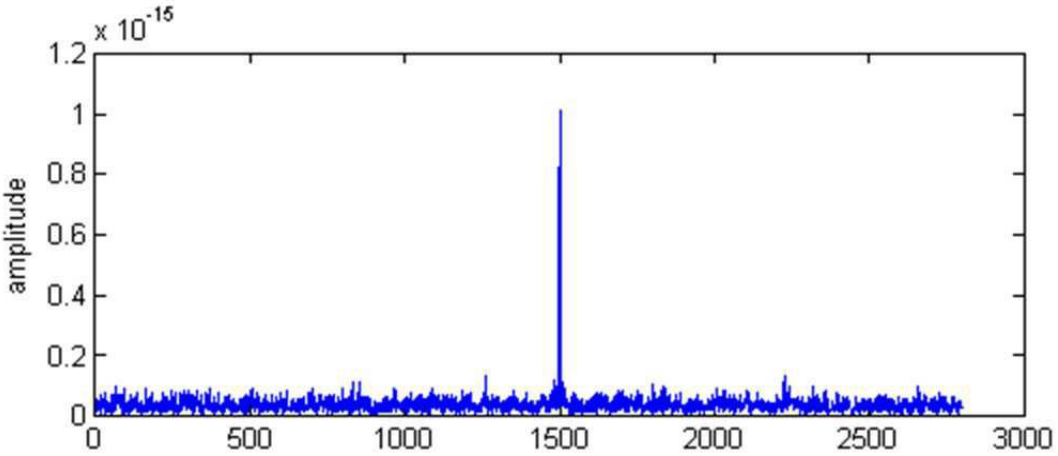
도면4



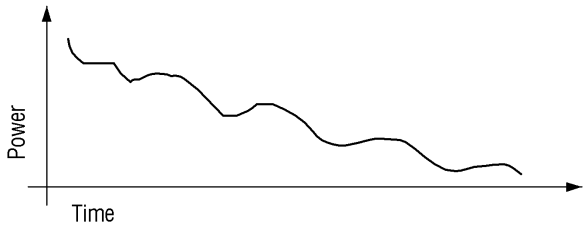
도면5


x 10^-17
1
0.5
0
-0.5
amplitude
0
500
1000
1500
2000
2500
3000

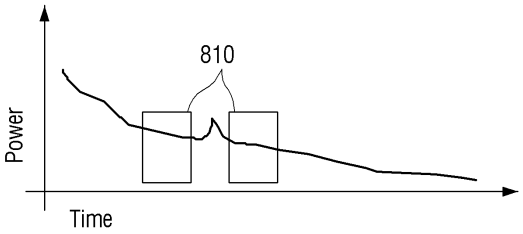
도면6


x 10^-15
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
amplitude
0
500
1000
1500
2000
2500
3000

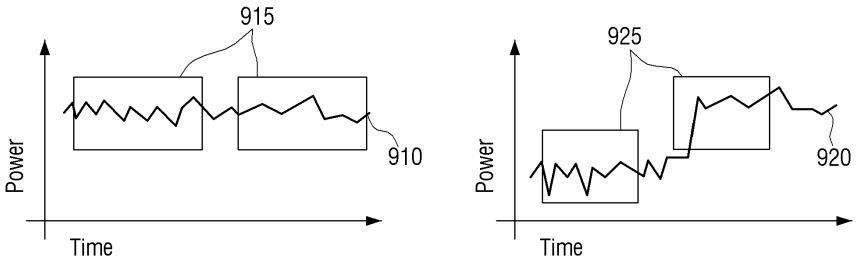
도면7



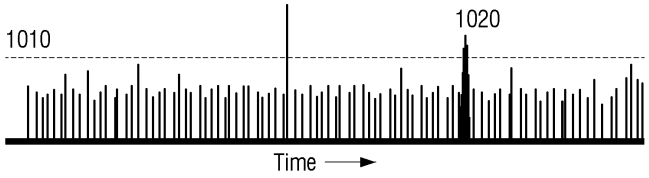
도면8



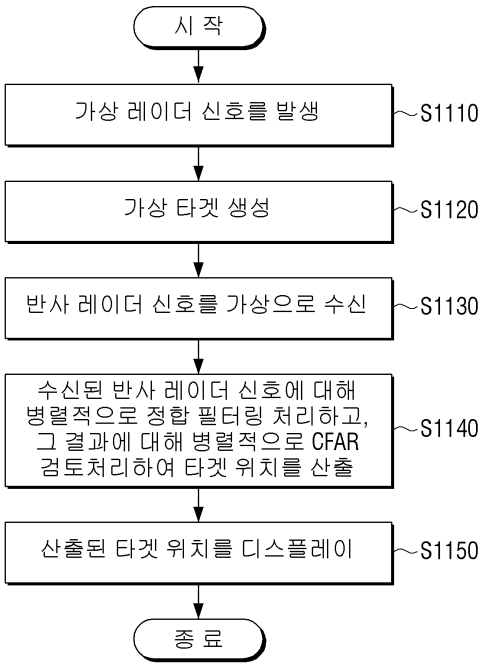
도면9



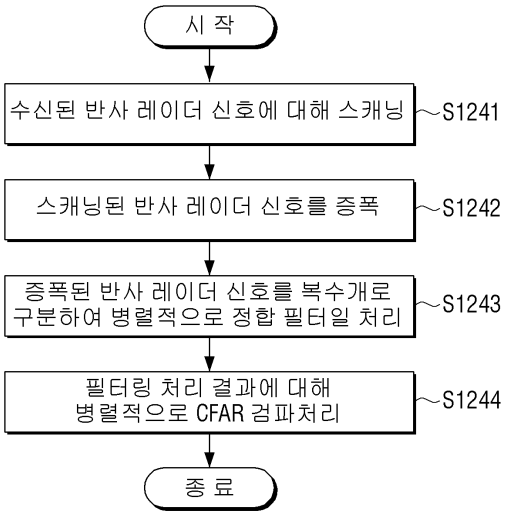
도면10



도면11


시 작
가상 레이더 신호를 발생
S1110
가상 타겟 생성
S1120
반사 레이더 신호를 가상으로 수신
S1130
수신된 반사 레이더 신호에 대해
병렬적으로 정합 필터링 처리하고,
그 결과에 대해 병렬적으로 CFAR
검토처리하여 타겟 위치를 산출
S1140
산출된 타겟 위치를 디스플레이
S1150
종 료

도면12


시 작
수신된 반사 레이더 신호에 대해 스캐닝
S1241
스캐닝된 반사 레이더 신호를 증폭
S1242
증폭된 반사 레이더 신호를 복수개로
구분하여 병렬적으로 정합 필터일 처리
S1243
필터링 처리 결과에 대해
병렬적으로 CFAR 검파처리
S1244
종 료