(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년02월06일
(11) 등록번호 10-1358904
(24) 등록일자 2014년01월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 13/34 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0100460
(22) 출원일자 2012년09월11일
심사청구일자 2012년09월11일
(56) 선행기술조사문헌
JP2007225500 A*
KR1020120019666 A*
JP2002281096 A
JP2005102129 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 (신촌동)
(72) 발명자
육종관
서울 강남구 학동로 409, 101동 1204호 (청담동, 청담우방아파트)
안용준
서울 양천구 목동중앙북로8길 111, 103동 1207호 (목동, 목동금호베스트빌)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
오세준, 권혁수, 송윤호

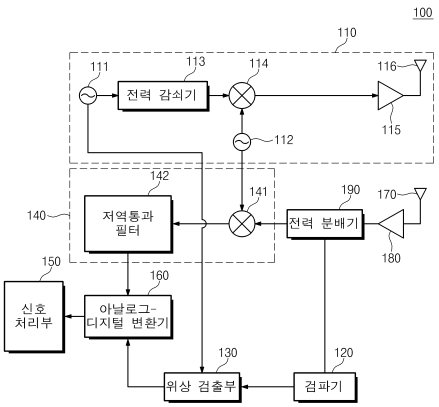
전체 청구항 수 : 총 19 항 심사관 : 김기완

(54) 발명의 명칭 **진폭 변조 레이더, 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 진폭 변조 레이더, 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 장치 및 방법에 관한 것으로, 변조주파수 신호와 반송파주파수 신호를 합성하여 진폭변조 신호를 생성하고, 생성한 상기 진폭변조 신호를 목표물로 송신하는 진폭변조 신호 송신부; 상기 목표물로부터 반사되어 수신된 진폭변조 신호를 포함하는 무선 신호를 검파하는 검파기; 상기 검파기에 의해 검파된 무선 신호와 상기 변조주파수 신호 간의 위상 지연을 검출하여 위상 지연 데이터를 생성하는 위상 검출부; 상기 반송파주파수 신호를 이용하여 상기 무선 신호를 I/Q 신호로 복조하는 복조부; 및 상기 I/Q 신호를 이용하여 상기 위상 지연 데이터를 샘플링하고, 샘플링한 위상 지연 데이터를 이용하여 상기 목표물의 거리 정보를 산출하는 신호 처리부를 포함하는 진폭 변조 레이더를 제공한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

윤기호

경기 군포시 수리산로 40, 810동 1901호 (산본동, 한양수리아파트)

문준호

경기도 용인시 수지구 만현로67번길 19 만현마을성원상떼빌아파트 308동 904호

특허청구의 범위

청구항 1

변조주파수 신호와 반송파주파수 신호를 합성하여 진폭변조 신호를 생성하고, 생성한 상기 진폭변조 신호를 목표물로 송신하는 진폭변조 신호 송신부;

상기 목표물로부터 반사되어 수신된 진폭변조 신호를 포함하는 무선 신호를 검파하는 검파기;

상기 검파기에 의해 검파된 무선 신호와 상기 변조주파수 신호 간의 위상 지연을 검출하여 위상 지연 데이터를 생성하는 위상 검출부;

상기 반송파주파수 신호를 이용하여 상기 무선 신호를 I/Q 신호로 복조하는 복조부; 및

상기 I/Q 신호를 이용하여 상기 위상 지연 데이터를 샘플링하고, 샘플링한 위상 지연 데이터를 이용하여 상기 목표물의 거리 정보를 산출하는 신호 처리부를 포함하며,

상기 신호처리부는,

상기 무선 신호로부터 검파된 신호와 상기 진폭변조 신호의 변조주파수 신호 간의 위상 지연에 대응하는 상기 데이터를 상기 I/Q 신호를 이용하여 샘플링하는 진폭 변조 레이더.

청구항 2

변조주파수 신호와 반송파주파수 신호를 합성하여 진폭변조 신호를 생성하고, 생성한 상기 진폭변조 신호를 목표물로 송신하는 진폭변조 신호 송신부;

상기 목표물로부터 반사되어 수신된 진폭변조 신호를 포함하는 무선 신호를 검파하는 검파기;

상기 검파기에 의해 검파된 무선 신호와 상기 변조주파수 신호 간의 위상 지연을 검출하여 위상 지연 데이터를 생성하는 위상 검출부;

상기 반송파주파수 신호를 이용하여 상기 무선 신호를 I/Q 신호로 복조하는 복조부; 및

상기 I/Q 신호를 이용하여 상기 위상 지연 데이터를 샘플링하고, 샘플링한 위상 지연 데이터를 이용하여 상기 목표물의 거리 정보를 산출하는 신호 처리부를 포함하며,

상기 복조부는,

상기 반송파주파수 신호를 이용하여 상기 무선 신호를 상기 I/Q 신호로 복조하는 I/Q 디모듈레이터; 및

복조된 상기 I/Q 신호로부터 고주파 신호를 제거하는 저역 통과 필터를 포함하는 진폭 변조 레이더.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 I/Q 디모듈레이터는 상기 반송파주파수 신호를 이용하여 상기 무선 신호를 복조하여 I-채널의 신호와 Q-채널의 신호를 생성함으로써, 상기 무선 신호를 상기 I/Q 신호로 복조하는 진폭 변조 레이더.

청구항 4

변조주파수 신호와 반송파주파수 신호를 합성하여 진폭변조 신호를 생성하고, 생성한 상기 진폭변조 신호를 목표물로 송신하는 진폭변조 신호 송신부;

상기 목표물로부터 반사되어 수신된 진폭변조 신호를 포함하는 무선 신호를 검파하는 검파기;

상기 검파기에 의해 검파된 무선 신호와 상기 변조주파수 신호 간의 위상 지연을 검출하여 위상 지연 데이터를 생성하는 위상 검출부;

상기 반송파주파수 신호를 이용하여 상기 무선 신호를 I/Q 신호로 복조하는 복조부; 및

상기 I/Q 신호를 이용하여 상기 위상 지연 데이터를 샘플링하고, 샘플링한 위상 지연 데이터를 이용하여 상기

목표물의 거리 정보를 산출하는 신호 처리부를 포함하며,

상기 신호 처리부는,

상기 I/Q 신호의 위상 정보를 이용하여 I/Q 평면상의 N개(N은 2 이상의 정수)의 위상에 대응하는 N개의 위상 지연 데이터를 샘플링하고, 샘플링한 상기 N개의 위상 지연 데이터의 평균값을 산출하며, 상기 평균값에 기초하여 상기 목표물의 거리 정보를 산출하는 진폭 변조 레이더.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 신호 처리부는 상기 I/Q 신호의 위상이 상기 I/Q 평면상에서 $\Theta_0+2\pi k/N(k=0,1,..,N-1)$(N은 2 이상의 정수, Θ_0는 소정의 기준 위상값)의 값을 갖는 상기 N개의 위상 지연 데이터를 샘플링하는 진폭 변조 레이더.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 신호 처리부는,

위상 지연 데이터를 샘플링할 때마다 현재 샘플링한 위상 지연 데이터와 이전의 N-1개의 위상 지연 데이터의 평균값을 산출하며, 상기 평균값에 기초하여 상기 목표물의 거리 정보를 산출하는 진폭 변조 레이더.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 신호 처리부는,

상기 I/Q 신호의 도플러 이동을 나타내는 정보로부터 인접한 두 위상 지연 데이터의 위상 변화를 산출하고, 상기 평균값에 상기 위상 변화에 대응하는 값을 추가적으로 반영함으로써, 샘플링하지 않은 위상 지연 데이터에 대한 목표물의 거리 정보를 산출하는 진폭 변조 레이더.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 위상 지연 데이터 및 상기 I/Q 신호를 디지털 신호로 변환하여 상기 신호 처리부로 전송하는 아날로그-디지털 변환기를 더 포함하는 진폭 변조 레이더.

청구항 9

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 위상 검출부는 상기 검파기에 의해 검파된 상기 무선 신호의 포락선과 상기 변조주파수 신호 간의 상기 위상 지연을 검출하는 진폭 변조 레이더.

청구항 10

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 무선 신호를 수신하는 수신 안테나;

수신된 상기 무선 신호를 증폭하는 저잡음 증폭기; 및

증폭된 상기 무선 신호를 상기 검파기 및 상기 복조부로 분배하여 출력하는 전력 분배기를 더 포함하는 진폭 변조 레이더.

청구항 11

삭제

청구항 12

목표물로부터 반사되어 수신된 진폭변조 신호를 포함하는 무선 신호를 상기 진폭변조 신호의 반송파주파수 신호를 이용하여 I/Q 신호로 복조하는 복조부; 및

상기 무선 신호로부터 검파된 신호에 대응하는 데이터를 상기 I/Q 신호를 이용하여 샘플링하고, 샘플링한 데이터를 이용하여 상기 목표물의 거리 정보를 산출하는 신호 처리부를 포함하며,

상기 신호처리부는,

상기 무선 신호로부터 검파된 신호와 상기 진폭변조 신호의 변조주파수 신호 간의 위상 지연에 대응하는 상기 데이터를 상기 I/Q 신호를 이용하여 샘플링하는 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 신호 처리부는,

상기 I/Q 신호의 위상 정보를 이용하여 I/Q 평면상의 소정의 N개(N은 2 이상의 정수)의 위상에 대응하는 N개의 데이터를 샘플링하고, 샘플링한 상기 N개의 데이터의 평균값을 산출하며, 상기 평균값에 기초하여 상기 목표물의 거리 정보를 산출하는 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 신호 처리부는 상기 I/Q 신호의 위상이 상기 I/Q 평면상에서 $\Theta_0+2\pi k/N(k=0,1,..,N-1)$(N은 2 이상의 정수, Θ_0는 소정의 기준 위상값)의 값을 갖는 상기 N개의 데이터를 샘플링하는 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 장치.

청구항 15

제13항 또는 제14항에 있어서,

상기 신호 처리부는,

상기 I/Q 신호의 도플러 이동을 나타내는 정보로부터 인접한 두 위상 지연 데이터의 위상 변화를 산출하고, 상기 평균값에 상기 위상 변화에 대응하는 값을 추가적으로 반영함으로써, 샘플링하지 않은 위상 지연 데이터에 대한 목표물의 거리 정보를 산출하는 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 장치.

청구항 16

목표물로부터 반사되어 수신된 진폭변조 신호를 포함하는 무선 신호를 상기 진폭변조 신호의 반송파주파수 신호를 이용하여 I/Q 신호로 복조하는 단계;

상기 무선 신호로부터 검파된 신호에 대응하는 데이터를 상기 I/Q 신호를 이용하여 샘플링하는 단계; 및

샘플링된 데이터를 이용하여 상기 목표물의 거리 정보를 산출하는 단계를 포함하는 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 샘플링하는 단계는,

상기 무선 신호로부터 검파된 신호와 상기 진폭변조 신호의 변조주파수 신호 간의 위상 지연에 대응하는 위상 지연 데이터를 상기 I/Q 신호를 이용하여 샘플링하는 단계를 포함하는 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 방법.

청구항 18

제16항에 있어서,

상기 샘플링하는 단계는 상기 I/Q 신호의 위상 정보를 이용하여 I/Q 평면상의 N개(N은 2 이상의 정수)의 위상에 대응하는 N개의 데이터를 샘플링하며,

상기 거리 정보를 산출하는 단계는,

샘플링된 상기 N개의 데이터의 평균값을 산출하는 단계; 및

상기 평균값에 기초하여 상기 목표물의 거리 정보를 산출하는 단계를 포함하는 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 방법.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 샘플링하는 단계는 상기 I/Q 신호의 위상이 상기 I/Q 평면상에서 $\Theta_0+2\pi k/N(k=0,1,..,N-1)$(N은 2 이상의 정수, Θ_0는 소정의 기준 위상값)의 값을 갖는 상기 N개의 데이터를 샘플링하는 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 방법.

청구항 20

제18항 또는 제19항에 있어서,

상기 I/Q 신호의 도플러 이동을 나타내는 정보로부터 인접한 두 데이터의 위상 변화를 산출하고, 상기 평균값에 상기 위상 변화에 대응하는 값을 추가적으로 반영함으로써, 샘플링하지 않은 데이터에 대한 목표물의 거리 정보를 산출하는 단계를 더 포함하는 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 진폭 변조 레이더(Amplitude Modulated RADAR), 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 장치 및 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 레이더(RADAR; Radio Detection And Ranging)는 전파를 발신하고 목표물로부터 반사되어 되돌아오는 반사파를 수신하여 그 목표물까지의 거리, 속도 등을 탐지하는 무선 장치로서, 군사 장비, 항공, 선박, 기상 관측 등의 용도로 사용되어 왔으며, 최근에는 차량 충돌방지, 생체 신호 검출 등의 분야로 그 활용 폭이 넓어지고 있다. 레이더의 종류에는 펄스(pulse) 레이더, FMCW(Frequency Modulation Continuous Wave) 레이더, 진폭 변조(AM; Amplitude Modulated) 레이더 등이 있다. 이들 중 펄스 레이더 및 FMCW 레이더는 최근 주파수 규제로 인하여 넓은 주파수 대역의 사용이 허락되지 않음에 따라 주파수 대역폭이 제한되어, 거리 측정의 정확도를 높이기 어렵다는 단점이 있으며, 현재 허용 주파수 대역 내에서 수cm 이내의 거리측정 정확도를 얻지 못하게 된다.

[0003] 진폭 변조 레이더는 송신단에서 반송파를 변조 주파수에 실어서 목표물(타겟)로 송신하고, 대상 물체로부터 반사되어 수신단으로 돌아오는 포락선 신호의 위상을 검출하여 목표물의 거리를 측정하며, 다른 방식의 레이더에 비해 좁은 주파수 대역폭을 사용하여 목표물에 대한 거리 측정의 정확도를 높일 수 있다. 그런데, 진폭 변조 레이더의 경우, 송신단으로부터 수신단으로 누출되는 신호 때문에 리플 오차(ripple error)가 발생될 수 있다. 만약, 송신단과 수신단 간의 거리를 늘려주어 격리도를 증가시키면 오차는 줄 수 있지만, 그에 비례하여 레이더의 크기는 증가할 수밖에 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 목표물의 거리측정오차를 저감할 수 있는 진폭 변조 레이더, 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0005] 또한, 본 발명은 좁은 대역폭을 사용하더라도, 거리측정 정확도를 향상시킬 수 있는 진폭 변조 레이더, 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0006] 또한, 본 발명은 진폭 변조 레이더의 송신단으로부터 수신단으로의 누출 신호로 인한 리플 에러(ripple error)를 상쇄하여 목표물의 거리측정오차를 저감하는 것을 목적으로 한다.

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급된 과제로 제한되지 않는다. 언급되지 않은 다른 기술적 과제들은 이하의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 측면에 따른 진폭 변조 레이더는 변조주파수 신호와 반송파주파수 신호를 합성하여 진폭변조 신호를 생성하고, 생성한 상기 진폭변조 신호를 목표물로 송신하는 진폭변조 신호 송신부; 상기 목표물로부터 반사되어 수신된 진폭변조 신호를 포함하는 무선 신호를 검파하는 검파기; 상기 검파기에 의해 검파된 무선 신호와 상기 변조주파수 신호 간의 위상 지연을 검출하여 위상 지연 데이터를 생성하는 위상 검출부; 상기 반송파주파수 신호를 이용하여 상기 무선 신호를 I/Q 신호로 복조하는 복조부; 및 상기 I/Q 신호를 이용하여 상기 위상 지연 데이터를 샘플링하고, 샘플링한 위상 지연 데이터를 이용하여 상기 목표물의 거리 정보를 산출하는 신호 처리부를 포함한다.

[0009] 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 복조부는, 상기 반송파주파수 신호를 이용하여 상기 무선 신호를 상기 I/Q 신호로 복조하는 I/Q 디모듈레이터; 및 복조된 상기 I/Q 신호로부터 고주파 신호를 제거하는 저역 통과 필터를 포함한다.

[0010] 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 I/Q 디모듈레이터는 상기 반송파주파수 신호를 이용하여 상기 무선 신호를 복조하여 I-채널의 신호와 Q-채널의 신호를 생성함으로써, 상기 무선 신호를 상기 I/Q 신호로 복조한다.

[0011] 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 신호 처리부는, 상기 I/Q 신호의 위상 정보를 이용하여 I/Q 평면상의 N개(N은 2 이상의 정수)의 위상에 대응하는 N개의 위상 지연 데이터를 샘플링하고, 샘플링한 상기 N개의 위상 지연 데이터의 평균값을 산출하며, 상기 평균값에 기초하여 상기 목표물의 거리 정보를 산출한다.

[0012] 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 신호 처리부는 상기 I/Q 신호의 위상이 상기 I/Q 평면상에서 $\Theta_0+2\pi k/N(k=0,1,..,N-1)$(N은 2 이상의 정수, Θ_0는 소정의 기준 위상값)의 값을 갖는 상기 N개의 위상 지연 데이터를 샘플링한다.

[0013] 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 신호 처리부는, 위상 지연 데이터를 샘플링할 때마다 현재 샘플링한 위상 지연 데이터와 이전의 N-1개의 위상 지연 데이터의 평균값을 산출하며, 상기 평균값에 기초하여 상기 목표물의 거리 정보를 산출한다.

[0014] 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 신호 처리부는, 상기 I/Q 신호의 도플러 이동을 나타내는 정보로부터 인접한 두 위상 지연 데이터의 위상 변화를 산출하고, 상기 평균값에 상기 위상 변화에 대응하는 값을 추가적으로 반영함으로써, 샘플링하지 않은 위상 지연 데이터에 대한 목표물의 거리 정보를 산출한다.

[0015] 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 진폭 변조 레이더는 상기 위상 지연 데이터 및 상기 I/Q 신호를 디지털 신호로 변환하여 상기 신호 처리부로 전송하는 아날로그-디지털 변환기를 더 포함한다.

[0016] 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 위상 검출부는 상기 검파기에 의해 검파된 상기 무선 신호의 포락선과 상기 변조주파수 신호 간의 상기 위상 지연을 검출한다.

[0017] 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 진폭 변조 레이더는 상기 무선 신호를 수신하는 수신 안테나; 수신된 상기 무선 신호를 증폭하는 저잡음 증폭기; 및 증폭된 상기 무선 신호를 상기 검파기 및 상기 복조부로 분배하여 출력하는 전력 분배기를 더 포함한다.

[0018] 본 발명의 다른 일 측면에 따른 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 장치는 목표물로부터 반사되어 수신된 진폭변조 신호를 포함하는 무선 신호를 상기 진폭변조 신호의 반송파주파수 신호를 이용하여 I/Q 신호로 복조하는 복조부; 및 상기 무선 신호로부터 검파된 신호에 대응하는 데이터를 상기 I/Q 신호를 이용하여 샘플링하고, 샘플링한 데이터를 이용하여 상기 목표물의 거리 정보를 산출하는 신호 처리부를 포함한다.

[0019] 본 발명의 다른 일 측면에 따르면, 상기 신호처리부는, 상기 무선 신호로부터 검파된 신호와 상기 진폭변조 신

호의 변조주파수 신호 간의 위상 지연에 대응하는 상기 데이터를 상기 I/Q 신호를 이용하여 샘플링한다.

[0020] 본 발명의 다른 일 측면에 따르면, 상기 신호 처리부는, 상기 I/Q 신호의 위상 정보를 이용하여 I/Q 평면상의 소정의 N개(N은 2 이상의 정수)의 위상에 대응하는 N개의 데이터를 샘플링하고, 샘플링한 상기 N개의 데이터의 평균값을 산출하며, 상기 평균값에 기초하여 상기 목표물의 거리 정보를 산출한다.

[0021] 본 발명의 다른 일 측면에 따르면, 상기 신호 처리부는 상기 I/Q 신호의 위상이 상기 I/Q 평면상에서 $\Theta_0+2\pi k/N(k=0,1,..,N-1)$(N은 2 이상의 정수, Θ_0는 소정의 기준 위상값)의 값을 갖는 상기 N개의 데이터를 샘플링한다.

[0022] 본 발명의 다른 일 측면에 따르면, 상기 신호 처리부는, 상기 I/Q 신호의 도플러 이동을 나타내는 정보로부터 인접한 두 위상 지연 데이터의 위상 변화를 산출하고, 상기 평균값에 상기 위상 변화에 대응하는 값을 추가적으로 반영함으로써, 샘플링하지 않은 위상 지연 데이터에 대한 목표물의 거리 정보를 산출한다.

[0023] 본 발명의 또 다른 일 측면에 따른 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 방법은 목표물로부터 반사되어 수신된 진폭변조 신호를 포함하는 무선 신호를 상기 진폭변조 신호의 반송파주파수 신호를 이용하여 I/Q 신호로 복조하는 단계; 상기 무선 신호로부터 검파된 신호에 대응하는 데이터를 상기 I/Q 신호를 이용하여 샘플링하는 단계; 및 샘플링된 데이터를 이용하여 상기 목표물의 거리 정보를 산출하는 단계를 포함한다.

[0024] 본 발명의 또 다른 일 측면에 따르면, 상기 샘플링하는 단계는, 상기 무선 신호로부터 검파된 신호와 상기 진폭변조 신호의 변조주파수 신호 간의 위상 지연에 대응하는 위상 지연 데이터를 상기 I/Q 신호를 이용하여 샘플링하는 단계를 포함한다.

[0025] 본 발명의 또 다른 일 측면에 따르면, 상기 샘플링하는 단계는 상기 I/Q 신호의 위상 정보를 이용하여 I/Q 평면상의 N개(N은 2 이상의 정수)의 위상에 대응하는 N개의 데이터를 샘플링하며, 상기 거리 정보를 산출하는 단계는, 샘플링된 상기 N개의 데이터의 평균값을 산출하는 단계; 및 상기 평균값에 기초하여 상기 목표물의 거리 정보를 산출하는 단계를 포함한다.

[0026] 본 발명의 또 다른 일 측면에 따르면, 상기 샘플링하는 단계는 상기 I/Q 신호의 위상이 상기 I/Q 평면상에서 $\Theta_0+2\pi k/N(k=0,1,..,N-1)$(N은 2 이상의 정수, Θ_0는 소정의 기준 위상값)의 값을 갖는 상기 N개의 데이터를 샘플링한다.

[0027] 본 발명의 또 다른 일 측면에 따르면, 상기 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 방법은 상기 I/Q 신호의 도플러 이동을 나타내는 정보로부터 인접한 두 데이터의 위상 변화를 산출하고, 상기 평균값에 상기 위상 변화에 대응하는 값을 추가적으로 반영함으로써, 샘플링하지 않은 데이터에 대한 목표물의 거리 정보를 산출하는 단계를 더 포함한다.

발명의 효과

[0028] 본 발명의 실시예에 의하면, 목표물의 거리측정오차를 저감할 수 있는 진폭 변조 레이더, 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

[0029] 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 좁은 대역폭을 사용하더라도, 거리측정 정확도를 향상시킬 수 있다.

[0030] 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 진폭 변조 레이더의 송신단으로부터 수신단으로의 누출 신호로 인한 리플 에러(ripple error)를 상쇄하여 목표물의 거리측정오차를 저감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 진폭 변조 레이더의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 방법의 흐름도이다.

도 3은 목표물의 이동에 따른 위상 지연의 변화를 나타낸 그래프이다.

도 4는 종래 기술에 따른 목표물의 거리측정 그래프를 나타낸다.

도 5는 도 2의 단계 S25를 설명하기 위한 개념도이다.

도 6은 위상 검출부의 출력 위상에 따른 목표물의 거리 변화를 나타낸 그래프이다.

도 7은 도 6에 도시된 'A'부와 'B'부의 확대도이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 위상 지연 데이터를 샘플링하여 목표물의 거리를 산출한 그래프를 나타낸다.

도 9는 도 8에 도시된 'C'부의 확대도이다.

도 10은 도 2의 단계 S27을 설명하기 위한 도면이다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따라 목표물의 거리를 측정한 것을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 본 발명의 다른 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술 되는 실시 예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시 예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 만일 정의되지 않더라도, 여기서 사용되는 모든 용어들(기술 혹은 과학 용어들을 포함)은 이 발명이 속한 종래 기술에서 보편적 기술에 의해 일반적으로 수용되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적인 사전들에 의해 정의된 용어들은 관련된 기술 그리고/혹은 본 출원의 본문에 의미하는 것과 동일한 의미를 갖는 것으로 해석될 수 있고, 그리고 여기서 명확하게 정의된 표현이 아니더라도 개념화되거나 혹은 과도하게 형식적으로 해석되지 않을 것이다. 본 명세서에서 사용된 용어는 실시 예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다.

[0033] 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '포함한다' 및 이 동사의 다양한 활용형들은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 본 명세서에서 '및/또는' 이라는 용어는 나열된 구성들 각각 또는 이들의 다양한 조합을 가리킨다. 한편, 본 명세서 전체에서 사용되는 '~부', '~기'의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미할 수 있다. 예를 들어 소프트웨어, FPGA 또는 ASIC과 같은 하드웨어 구성요소를 의미할 수 있다. 그렇지만 '~부', '~기'가 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. '~부', '~기'는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 '~부', '~기'는 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로 코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을 포함한다. 구성요소들과 '~부', '~기' 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소 및 '~부', '~기'로 결합되거나 추가적인 구성요소와 '~부', '~기'로 더 분리될 수 있다.

[0034] 본 발명의 실시예에 따른 진폭 변조 레이더는 진폭변조 신호의 반송파주파수 신호를 이용하여 진폭변조 신호를 I/Q 신호로 복조하고, 진폭변조 신호를 검파하여 얻은 위상 지연에 대응하는 데이터를 I/Q 신호를 이용하여 샘플링하며, 샘플링한 데이터를 이용하여 목표물의 거리 정보를 산출한다. 이에 따라, 진폭 변조 레이더의 거리측정오차를 줄일 수 있다.

[0035] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 진폭 변조 레이더의 구성도이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 진폭 변조 레이더(100)는 진폭변조 신호 송신부(110), 검파기(120), 위상 검출부(130), 복조부(140), 신호처리부(150), 아날로그-디지털 변환기(160), 수신 안테나(170), 저잡음 증폭기(180) 및 전력 분배기(190)를 포함한다.

[0036] 진폭변조 신호 송신부(110)는 변조주파수 신호와 반송파주파수 신호를 합성하여 진폭변조 신호를 생성하고, 생성한 진폭변조 신호를 목표물로 송신한다. 일 실시예에 있어서, 진폭변조 신호 송신부(110)는 변조주파수 신호 생성기(111), 반송파주파수 신호 생성기(112), 전력 감쇠기(113), 믹서(114), 증폭기(115) 및 송신 안테나(116)를 포함한다.

[0037] 변조주파수 신호 생성기(111)는 변조주파수 신호를 생성한다. 변조주파수(modulation frequency)는 변조를 하기 위한 신호파의 주파수를 의미한다. 일 실시예에 있어서, 변조주파수 신호 생성기(111)는 반송파주파수보다 낮은 주파수에 해당하는 변조주파수의 신호를 발생하는 국부 발진기(local oscillator)를 포함할 수 있다. 만약, 측정 대상의 목표물이 여러 개인 경우, 목표물 각각에 대하여 서로 다른 변조주파수의 신호를 이용하여 거리를 측

정하는 것도 가능하다. 변조주파수 신호 생성기(111)에 의해 생성된 변조주파수 신호는 진폭 변조를 위해 전력 감쇠기(113)로 입력됨과 동시에, 목표물과의 거리 측정을 위해 위상 검출부(130)로 입력된다.

[0038] 반송파주파수 신호 생성기(112)는 반송파주파수 신호를 생성한다. 반송파주파수(carrier frequency)는 신호파에 의해 주파수가 일정한 고주파를 변조하여 보내는 경우의 고주파(반송파)의 주파수를 의미한다. 다시 말해, 반송파주파수는 특정 주파수 대역을 차지하는 신호를 전송 매체가 전송하기 쉬운 반송 주파수 대역으로 변조하는 경우, 이 변조에 사용된 기준 주파수를 의미할 수 있다. 반송파주파수(예를 들어, 2.44GHz)는 변조주파수(예를 들어, 40MHz)보다 높은 주파일 수 있다. 일 실시예에 있어서, 반송파주파수 신호 생성기(112)는 변조주파수보다 높은 주파수에 해당하는 반송파주파수의 신호를 발생하는 무선주파수(RF; Radio Frequency) 국부 발진기를 포함할 수 있다.

[0039] 반송파주파수 신호 생성기(112)에 의해 생성된 반송파주파수 신호는 진폭 변조된 변조주파수 신호와의 합성을 위해 믹서(114)로 입력됨과 동시에, 목표물의 거리측정오차 저감을 위해 복조부(140)로 입력된다.

[0040] 전력 감쇠기(113)는 변조주파수 신호의 진폭을 조절한다. 전력 감쇠기(113)에 의해 진폭 변조된 변조주파수 신호는 반송파주파수 신호와의 합성을 위해 믹서(114)로 입력된다. 믹서(114)는 진폭 변조된 변조주파수 신호와 반송파주파수 신호를 혼합(합성)한다. 증폭기(115)는 믹서(114)에 의해 혼합된 진폭변조 신호를 증폭한다. 송신 안테나(116)는 증폭기(115)에 의해 증폭된 진폭변조 신호를 목표물로 송신한다. 예를 들어, 진폭변조 신호는 고정된 반송파주파수(f_0)의 신호와, 반송파주파수(f_0)의 신호 및 진폭 변조된 변조주파수(f_m)의 신호를 혼합하여 생성된 양측파대 주파수($f_0 \pm f_m$)의 신호를 포함할 수 있다.

[0041] 목표물에서 반사된 진폭변조 신호는 수신 안테나(170)로 돌아온다. 수신 안테나(170)는 목표물로부터 반사되어 돌아오는 진폭변조 신호를 포함하는 무선 신호를 수신한다. 도 1의 실시예에서는 송신 안테나(116)와 수신 안테나(170)가 분리되어 있으나, 다른 실시예에 의하면 송신 안테나(116)와 수신 안테나(170)는 하나의 모듈 내에 제공될 수도 있으며, 이러한 경우 송신 신호와 수신 신호를 분리하기 위한 서큘레이터(circulator) 또는 하이브리드 결합기(hybrid coupler) 등의 소자가 구비될 수 있다.

[0042] 저잡음 증폭기(Low Noise Amplifier)(180)는 수신 안테나(170)를 통해 수신된 무선 신호를 증폭한다. 전력 분배기(190)는 저잡음 증폭기(180)에 의해 증폭된 무선 신호를 검파기(120) 및 복조부(140)로 분배하여 출력한다. 검파기(120)는 진폭변조 신호를 포함하는 무선 신호를 검파한다. 일 실시예에 있어서, 검파기(120)는 무선 신호의 포락선을 검파하는 포락선 검파기(envelope detector)를 포함한다. 대안적으로, 검파기(120)는 동기 검파(synchronous detection) 방식 등을 사용하여 무선 신호를 검파할 수도 있다.

[0043] 위상 검출부(130)는 검파기(120)에 의해 검파된 무선 신호와 변조주파수 신호 간의 위상 지연을 검출한다. 예를 들어, 검파기(120)로 포락선 검파기가 사용되는 경우, 위상 검출부(130)는 검파된 포락선 신호의 위상과 변조주파수 신호의 위상 간의 차이 값으로부터 위상 지연을 검출할 수 있다. 일 실시예에 있어서 ,위상 검출부(130)는 두 신호 간의 위상 차이를 검출하는 위상계(phase meter)를 포함할 수 있다.

[0044] 복조부(140)는 반송파주파수 신호를 이용하여 무선 신호를 I/Q 신호로 복조한다. 복조부(140)에 의하여 복조된 I/Q 신호는 도플러(Doppler) 효과에 관한 정보를 포함하고 있으며, 이후 신호 처리부(150)로 입력되어 진폭변조 레이더의 거리측정오차를 줄이는데 활용된다.

[0045] 일 실시예에 있어서, 복조부(140)는 직접 변환 디모듈레이터(direct conversion demodulator)로 구현될 수 있다. 복조부(140)는 I/Q 디모듈레이터(141) 및 저역 통과 필터(142)를 포함할 수 있다. I/Q 디모듈레이터(I/Q demodulator)(141)는 반송파주파수 신호를 이용하여 무선 신호로부터 I-채널의 신호와 Q-채널의 신호를 생성함으로써, 무선 신호를 I/Q 신호로 복조할 수 있다. 저역 통과 필터(142)는 복조된 I/Q 신호로부터 고주파 신호를 제거한다. 아날로그-디지털 변환기(160)는 위상 검출부(130)로부터 출력된 위상 지연에 대응하는 아날로그 데이터 및 복조부(140)로부터 출력된 아날로그 I/Q 신호를 디지털 신호로 변환하여 신호 처리부(150)로 전송한다.

[0046] 신호 처리부(150)는 복조부(140)로부터의 I/Q 신호를 이용하여 위상 지연에 대응하는 데이터를 샘플링하고, 샘플링한 데이터를 이용하여 목표물의 거리 정보를 산출한다. 일 실시예에 있어서, 신호 처리부(150)는 I/Q 신호의 I/Q 평면상의 위상 정보를 이용하여 소정의 개수의 데이터를 샘플링하고, 샘플링한 데이터의 평균값을 산출한 다음, 산출한 평균값에 기초하여 목표물의 거리 정보를 산출할 수 있다. 신호 처리부(150)의 보다 구체적인 기능 및 동작에 대하여는 후술한다.

[0047] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 진폭 변조 레이더의 거리측정오차 저감 방법의 흐름도이다. 도 2의 실시예

를 구성하는 단계들은 도 1의 실시예의 구성들에 의해 수행될 수 있다. 도 1 및 도 2를 참조하면, 단계 S21에서 진폭변조 신호 송신부(110)는 진폭변조 신호를 목표물로 송신한다. 진폭변조 신호 송신부(110)는 변조주파수 신호 생성기(111)에 의해 생성된 변조주파수 신호를 전력 감쇠기(113)를 이용하여 진폭 변조하고, 진폭 변조된 변조주파수 신호와, 반송파주파수 신호 생성기(112)에 의해 생성된 반송파주파수 신호를 믹서(114)를 이용하여 합성할 수 있다. 진폭변조 신호 송신부(110)는 믹서(114)를 이용하여 합성한 신호를 증폭기(115)를 이용하여 증폭함으로써, 예를 들어 아래의 수식 1과 같은 진폭변조 신호를 생성할 수 있다. 진폭변조 신호 송신부(110)에 의해 생성된 진폭변조 신호는 송신 안테나(116)를 통해 목표물로 송신된다.

[0048] [수식 1]

[0049] $$T(t) = A\left(1 + M\cos\left(2\pi f_m t + \phi_m\right)\right)\cdot\cos\left(2\pi f_o t + \phi_0\right)$$

[0050] 여기서, T(t)는 진폭변조 신호, A는 증폭기(115)의 증폭율, M은 전력 감쇠기의 진폭변조율, f_m은 변조주파수(Hz), Φ_m은 변조주파수 신호의 위상(°), f_0은 반송파주파수(Hz), Φ_0은 반송파주파수 신호의 위상을 나타낸다.

[0051] 다음으로 단계 S22에서 검파기(120)는 목표물로부터 반사되어 수신된 무선 신호를 검파한다. 수신 안테나(170)를 통해 수신되는 무선 신호는 목표물로부터 반사되어 돌아오는 진폭변조 신호를 포함하며, 예를 들어 아래의 수식 2와 같이 나타낼 수 있다.

[0052] [수식 2]

[0053] $$R(t) = B\left(1 + M\cos\left(\omega_m t + \phi_m - 4\pi\left(d_0 + x(t)\right)\cdot\frac{f_m}{c}\right)\right)\cdot\cos\left(\omega_0 t + \phi_0 - 4\pi\left(d_0 + x(t)\right)\cdot\frac{f_0}{c}\right) + E(t)$$

[0054] 여기서, R(t)는 목표물로부터 반사되어 돌아오는 진폭변조 신호, B는 수신된 진폭변조 신호의 전력에 대응하는 상수, ω_m은 $2\pi f_m$(rad/sec)(변조주파수 신호의 각주파수), d_0는 목표물의 초기 거리(m), $\chi(t)$는 기준 거리로부터 목표물까지의 거리(m), c는 빛의 속도(m/sec), ω_0은 $2\pi f_0$(rad/sec)(반송파주파수 신호의 각주파수), E(t)는 누설 신호를 나타낸다.

[0055] 다음으로, 단계 S23에서 위상 검출부(130)는 검파기(120)에 의해 검파된 무선 신호와 변조주파수 신호 간의 위상 지연을 검출한다. 목표물로부터 반사되어 돌아오는 진폭변조 신호는 목표물의 거리에 따른 위상 지연을 갖게 되므로, 위상 검출부(130)는 목표물의 거리 추정을 위해, 진폭변조 신호로부터 검파된 신호(예를 들면, 포락선 신호)와 변조주파수 신호의 위상차를 산출한다. 위상 검출부(130)에 의해 검출된 위상 지연 데이터는 아날로그-디지털 변환기(160)에 의해 디지털 신호로 변환되어 신호 처리부(150)로 입력된다.

[0056] 그런데, 앞선 수식 2에 나타난 바와 같이, 수신 안테나(170)로 수신되는 무선 신호에는 목표물로부터 반사되어 돌아오는 진폭변조 신호 외에, 송신 안테나(116)로부터 수신 안테나(170)로 직접 유입되는 누설 신호 E(t)가 포함된다. 수신 안테나(170)로 수신되어 저잡음 증폭기(180)를 통해 증폭된 신호는 검파기(120)에서 예를 들어, 아래의 수식 3과 같이 제곱 검파(square law detection)에 따라 검파될 수 있다.

[0057] [수식 3]

[0058] $$R_{Env}(t) = \alpha^2\sin\omega_m\left(t - 2\frac{x(t)}{c}\right) + \beta^2\sin\omega_m t + 2\alpha\beta\cos\omega_m\frac{x(t)}{c}\cos\omega_0 2\frac{x(t)}{c}\sin\omega_m\left(t - \frac{x(t)}{c}\right)$$

[0059] 여기서, $R_{Env}(t)$는 제곱 검파된 신호, α는 송신 안테나로부터 출력되는 신호 중에서 목표물로 송신된 신호의 비율을 나타내는 상수, β는 송신 안테나로부터 출력되는 신호 중에서 직접 수신 안테나로 누설된 신호의 비율을 나타내는 상수이다. 수식 3에서 제곱 검파된 신호 $R_{Env}(t)$의 세 개의 신호 중에서, 두 번째 신호($\beta^2\sin\omega_m t$)는 최종단에서 무의미한 DC값을 가지고 있으므로, 위상 검출에 있어 오차를 발생하지 않거나, 미미한 수준의 오차만을 일으킨다. 그런데, 제곱 검파된 신호 중에서 세 번째 신호는 위상 검출에 있어 상당한 오차를 일으킬 수 있다. 수식 3의 제곱 검파된 신호 $R_{Env}(t)$ 중에서 누설 신호에 따른 세 번째 신호를 검파기(120)에서 복조함에

따라, 아래의 수식 4와 같은 오차 신호가 나타날 수 있다.

[0060] [수식 4]

$$E_{Leak}(t) = 2\alpha\beta\cos^2\left(\omega_m \frac{x(t)}{c}\right)\cdot\cos\left(\omega_0 \frac{2x(t)}{c}\right)$$

[0061]

[0062] 여기서, $E_{Leak}(t)$는 누출 신호로 인한 오차 신호, α는 송신 안테나로부터 출력되는 신호 중에서 목표물로 송신된 신호의 비율을 나타내는 상수, β는 송신 안테나로부터 출력되는 신호 중에서 직접 수신 안테나로 누설된 신호의 비율을 나타내는 상수, ω_m은 변조주파수 신호의 각주파수(rad/sec), $x(t)$는 기준 위치로부터 목표물까지의 시간에 따른 거리(m), c는 빛의 속도(3×10^8m/sec), ω_0은 반송파주파수 신호의 각주파수(rad/sec)를 나타낸다.

[0063] 도 3은 목표물의 이동에 따른 위상 지연의 변화를 나타낸 그래프이다. 도 3에서 점선은 위상 지연이 오차 발생 없이 측정된 것을 가상적으로 나타낸 이상적인 그래프이고, 실선은 위상 검출부(130)의 출력 위상에 오차가 발생한 것을 예시적으로 나타낸 그래프이다. 진폭변조 신호의 일부가 진폭 변조 레이더의 송신 안테나(116)로부터 수신 안테나(170)로 직접 입력되는 누출(leakage) 신호로 인하여, 도 3에 도시된 바와 같이, 목표물의 이동에 따른 위상 검출부(130)의 출력 위상은 이상적인 그래프의 위상과 오차를 갖게 된다.

[0064] 도 4는 종래 기술에 따른 목표물의 거리측정 그래프를 나타낸다. 도 4에서 점선으로 된 그래프는 목표물의 시간에 따른 실제 거리변화를 나타내며, 실선으로 된 그래프는 위상 검출부에서 출력된 위상 지연 데이터를 샘플링하지 않고, 종래 기술에 따라 위상 검출부로부터 출력된 모든 위상 지연 데이터로부터 측정한 목표물의 시간에 따른 거리 변화를 나타낸다. 도 4를 참조하면, 종래 기술의 경우, 시간에 따라 목표물의 거리 측정값이 실제 목표물의 거리값으로부터 변동하는 것을 알 수 있다.

[0065] 변조주파수 신호의 각주파수(ω_m)는 반송파주파수 신호의 각주파수(ω_0)에 비해 훨씬 작으므로, 수식 4에서 변조주파수에 의한 누출 신호 오차의 변동은 반송파주파수에 의한 누출 신호 오차의 변동에 비해 그 변화하는 정도가 매우 작아 상수로 취급될 수 있다. 반면, 반송파주파수는 변조주파수에 비하여 훨씬 크기 때문에, 목표물의 미세한 움직임에 의한 위상 지연의 오차 값은 결국 반송파주파수와 목표물의 거리의 곱에 해당하는 변수에 의해 좌우된다. 따라서, 고주파수에 해당하는 반송파주파수와 목표물의 거리의 곱에 해당하는 변수를 고려하여 오차 성분을 상쇄시킨다면, 누출 신호에 의한 위상 지연의 오차를 줄일 수 있고, 그에 따라 목표물의 거리에 대한 리플 에러(ripple error)를 줄일 수 있다.

[0066] 그런데, 누출 신호에 의한 오차를 상쇄시키기 위해서는 반송파주파수 외에도 목표물의 거리 정보를 알고 있어야 하므로, 목표물의 정확한 거리 정보를 알지 못하는 상태에서는 누출 신호에 의한 오차를 상쇄시키기 어렵게 된다. 반송파주파수는 매우 큰 값을 가지므로, 목표물의 추정 거리가 실제 목표물의 거리에 아주 약간의 오차만을 갖는 경우에도, 오히려 누출 신호에 의한 오차가 증가할 수 있다. 이를 해소하고자, 본 발명의 실시예는, 반송파주파수 신호를 이용하여 진폭변조 신호로부터 복조한 I/Q 신호가 고주파수의 반송파주파수와 목표물의 거리의 곱과 동일한 변수를 갖는다는 점을 활용하여, 데이터 샘플링(sampling)을 통해 누출 신호에 의한 오차를 상쇄시키도록 한다.

[0067] 이를 위하여, 단계 S24에서 복조부(140)는 목표물로부터 반사되어 수신된 진폭변조 신호를 포함하는 무선 신호를 반송파주파수 신호를 이용하여 I/Q 신호로 복조한다. 예를 들어, I/Q 디모듈레이터(I/Q demodulator)(141)는 반송파주파수 신호를 이용하여 무선 신호로부터 I-채널의 신호와 Q-채널의 신호를 생성함으로써, 무선 신호를 I/Q 신호로 복조할 수 있다. 복조된 I/Q 신호는 저역 통과 필터(142)에 의해 필터링된 후, 아날로그-디지털 변환기(160)에 의해 디지털 신호로 변환되어 위상 검출부(130)로 입력된다. 한편, 전술한 단계 S24는 단계 S22 및 단계 S23보다 먼저 혹은 나중에 수행될 수도 있고, 혹은 단계 S22 및 단계 S23과 동시에 병렬적으로 수행될 수도 있다.

[0068] 아래의 수식 5 내지 수식 6은 디지털 변환된 I/Q 신호의 I-채널의 신호와, Q-채널의 신호를 나타내며, 수식 7은 디지털 변환된 I/Q 신호를 나타낸다.

[0069] [수식 5]

$$R_I(n)=\frac{B}{2}\cos\left(2(d_0+x(n))\cdot\frac{\omega_0}{c}+\phi_0\right)$$

[0070]

[0071] [수식 6]

$$R_Q(n)=\frac{B}{2}\sin\left(2(d_0+x(n))\cdot\frac{\omega_0}{c}+\phi_0\right)$$

[0072]

[0073] [수식 7]

$$R_I(n)+jR_Q(n)=\frac{B}{2}\exp\left(j\omega_0\cdot\frac{2x(n)}{c}\right)\cdot\exp j\left(2\pi d_0\frac{\omega_0}{c}+\phi_0\right)$$

[0074]

[0075] 여기서, $R_I(n)$은 n번째 데이터에 해당하는 I-채널의 신호를 나타내고, $R_q(n)$은 n번째 데이터에 해당하는 Q-채널의 신호를 나타내며, $\chi(n)$은 n번째 데이터에 해당하는 목표물의 거리를 나타낸다.

[0076] 수식 7에서 복조된 I/Q 신호 중에서 목표물의 움직임 $\chi[n]$ 및 반송파주파수 신호의 각주파수(ω_0)를 변수로 하여 위상의 변화가 발생된다. 이때, 수식 7에서 I/Q 신호의 위상 $\{\omega_0\cdot 2\chi(n)/c\}$은 수식 4에서 오차 신호의 고주파수에 사인파의 변수$\{\omega_0\cdot 2\chi(t)/c\}$와 동일하게 나타나는 것을 알 수 있다.

[0077] 아래의 수식 8과 같이, 사인파에서 $2\pi i/N$(N은 2 이상의 정수, i는 1,.., N)의 위상에 해당하는 N개의 데이터를 모두 더한 값은 0이 되므로, 수식 8의 원리와, 수식 7의 위상 변화가 수식 4의 변수와 동일하게 나타나는 점을 이용하면, 목표물의 거리를 정확하게 알지 못하더라도 수식 4의 오차 신호를 제거할 수 있다.

[0078] [수식 8]

$$Err=\sum_{i=1}^{N}\cos\left(2\pi\frac{i}{N}\right)=0$$

[0079]

[0080] 이를 위해, 단계 S25에서 신호 처리부(150)는 I/Q 신호의 위상 정보를 이용하여 위상 검출부(130)에 의해 검출된 위상 지연에 대응하는 데이터를 샘플링한다.

[0081] 도 5는 도 2의 단계 S25를 설명하기 위한 개념도이다. 도 5의 (a)는 목표물이 시간에 따라 초기 위치에서 멀어짐에 따라서, 복조부(140)에 의해 복조된 I/Q 신호의 위상이 I/Q 평면상에서 반시계 방향으로 변화하는 것을 나타낸다. 만약, 목표물이 초기 위치로 가까워지는 움직임을 갖는 경우, 복조부(140)에 의해 복조된 I/Q 신호의 위상은 도 5의 (a)와 달리 I/Q 평면상에서 시계 방향으로 변화할 것이다. 도 5의 (a)를 참조하면, 신호 처리부(150)는 복조된 I/Q 신호의 위상이 I/Q 평면에서 $\Theta_0+2\pi k/N$(k=0,1,..,N-1)(N은 2 이상의 정수)에 해당하는 데이터를 샘플링할 수 있다. 도 5의 (a)는 Θ_0의 값을 0° 으로 설정하고, N의 값을 4로 설정한 예를 나타내며, 이에 의하면 데이터의 I/Q 신호가 I-축과 Q-축을 S1, S2, S3, S4 순으로 통과할 때마다, 도 5의 (b)에 도시된 바와 같이, 사인파의 한 주기에 대하여 4개의 위상 지연 데이터(D1, D2, D3, D4)를 샘플링하게 된다. 다만, I/Q 평면상에서 샘플링되는 데이터의 개수 N 및 기준이 되는 위상값 Θ_0는 도 5에 도시된 예로 제한되지 않는다.

[0082] 도 6 내지 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 목표물의 거리측정오차 저감 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0083] 실험에는 동플레이트(copper plate) 재질의 목표물이 사용되었으며, 목표물의 거리를 0.5~2.0m 범위에서 변화시키면서 측정하였다. 샘플링 데이터 개수 N은 8로 설정하였다. 도 6은 위상 검출부의 출력 위상에 따른 목표물의 거리 변화를 나타낸 그래프로서, 데이터를 샘플링하지 않은 상태에서는 송신단에서 수신단으로의 누출 신호로 인해 거리측정오차가 발생되는 것을 알 수 있다. 도 7의 (a)는 도 6에 도시된 'A'부의 확대도, 도 7의 (b)는 도 6에 도시된 'B'부의 확대도이다. 도 7에 도시된 바와 같이, 신호 처리부(150)는 위상 검출부(130)로부터의 데이터들 중에서 I/Q 신호의 위상 변화에 따른 샘플링 신호(S1, S2, S3, S4)에 대응하는 데이터만을 샘플링한다.

[0084] 다시 도 1 및 도 2를 참조하면, 단계 S26에서 신호 처리부(150)는 샘플링한 데이터를 이용하여 목표물의 거리

정보를 산출한다. 일 실시예에 있어서, 신호 처리부(150)는 샘플링한 N개(N은 I/Q 신호의 I/Q 평면상에서의 샘플링 개수)의 데이터의 평균값을 산출한 다음, 산출한 평균값에 기초하여 목표물의 거리 정보를 산출할 수 있다. 일 예로, 신호 처리부(150)는 N개의 데이터가 샘플링될 때마다 N개의 데이터(D_{sN}, D_{sN-1},.., D_{sN-N+1})(D_{SN}은 sN번째 위상 지연 데이터, s는 1 이상의 정수)의 평균값을 산출할 수 있다. 다른 예로, 신호 처리부(150)는 하나의 데이터가 샘플링될 때마다 N개의 데이터(D_p, D_{p-1},.., D_{p-N+1})(D_p는 p번째 위상 지연 데이터, p는 N 이상의 정수)의 평균값을 산출할 수 있다. 위상 지연 데이터를 샘플링할 때마다 평균값을 산출하는 경우, 신호 처리부(150)는 현재 샘플링한 위상 지연 데이터와 이전의 N-1개의 위상 지연 데이터의 평균값을 산출하고, 평균값에 기초하여 목표물의 거리 정보를 산출할 수 있다. 신호 처리부(150)는 예를 들어 아래의 수식 9에 따라 샘플링 데이터의 평균값으로부터 목표물의 거리 정보를 산출할 수 있다.

[0085] [수식 9]

[0086]
$$R = \frac{c\Phi_M}{4\pi f_m}$$

[0087] 여기서, R은 목표물의 거리(m), c는 빛의 속도(3×10^8m/sec), Φ_M은 샘플링 데이터의 평균값(rad), fm은 변조주파수(Hz)를 나타낸다. 목표물이 $\lambda_0/2$(λ_0는 c/f_0, f_0는 반송파주파수)의 거리만큼 이동할 때, I/Q 신호는 I/Q 평면에서 1회전한다. 예를 들어, 반송파주파수가 2.44GHz일 경우, 목표물이 6.15cm 이동할 때마다, I/Q 신호는 I/Q 평면에서 1회전한다. 초기에 N개의 데이터가 샘플링될 때까지는 종래와 같이 목표물의 거리를 추정한 후, 목표물이 $\lambda_0(N-1)/2N$의 거리만큼 이동함에 따라 N개의 데이터가 샘플링되면, 본 발명의 실시예에 따라 목표물의 거리 정보를 측정할 수 있다.

[0088] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 위상 지연 데이터를 샘플링하여 목표물의 거리를 산출한 그래프를 나타낸다. 본 발명의 실시예에 의하면, 반송파주파수 신호를 이용하여 진폭변조 신호로부터 I/Q 신호를 복조하고, 위상 검출부에 의해 검출된 위상 지연 데이터를 I/Q 신호의 위상 정보를 이용하여 샘플링하고, 샘플링한 데이터의 평균값으로부터 목표물의 거리 정보를 산출함으로써, 도 8에 도시된 바와 같이 목표물의 거리측정시의 누출 신호로 인한 리플 에러(ripple error)를 줄일 수 있다. 즉, 본 발명의 실시예에 의하면, I/Q 신호가 미리 정해진 특정 위상 값을 가질 때마다, 진폭변조 신호의 검출(예를 들어, 포락선 검출)을 통해 나온 위상 지연 데이터를 샘플링하고, 샘플링된 데이터들의 평균값에 기초하여 목표물의 거리를 산출함으로써, 거리측정오차를 상쇄시킬 수 있다.

[0089] 다음으로, 단계 S27에서, 신호 처리부(150)는 샘플링 데이터의 평균값과 I/Q 신호의 도플러 이동을 나타내는 정보를 이용하여 샘플링하지 않은 데이터에 대응하는 목표물의 거리 정보를 산출할 수 있다. 도 9는 도 8에 도시된 'C'부의 확대도이다. 신호 처리부(150)는 데이터를 샘플링하여, 데이터의 평균값에 기초하여 목표물의 거리를 측정하므로, 샘플링 사이의 구간(S)에서는 목표물이 이동함에도 불구하고 목표물의 거리가 일정한 값을 갖게 된다. 따라서, 목표물의 거리를 보다 정밀하게 측정하기 위해, 신호 처리부(150)는 I/Q 신호의 도플러 이동 정보를 이용하여 샘플링 구간(S)에 속하는 데이터들에 대하여 목표물의 거리 정보를 추정한다. 신호 처리부(150)는 예를 들어, 아래의 수식 10에 따라 샘플링하지 않은 데이터에 대응하는 목표물의 거리 정보를 산출할 수 있다.

[0090] [수식 10]

[0091]
$$R_{adaptive}(n) = R_{average}(n) + \arctan\left(\frac{R_I(n)}{R_Q(n)}\right) - \arctan\left(\frac{R_I(n-1)}{R_Q(n-1)}\right)$$

[0092] 여기서, $R_{adaptive}(n)$는 샘플링 구간(S) 내에 속하는 n번째 데이터에 대응하는 목표물의 거리 정보, $R_{average}(n)$는 샘플링 데이터로부터 측정된 현재의 목표물의 거리, $R_I(n)$은 n번째 데이터의 I-채널 신호, $R_I(n)$은 n-1번째 데이터의 I-채널 신호, $R_Q(n)$은 n번째 데이터의 Q-채널 신호, $R_Q(n)$은 n-1번째 데이터의 Q-채널 신호를 나타낸다. 즉, 신호 처리부(150)는 I/Q 신호의 도플러 이동을 나타내는 정보로부터 인접한 두 위상 지연 데이터의 위상 변화를 산출하고, 평균값에 위상 변화에 대응하는 값을 추가적으로 반영함으로써, 샘플링하지 않은 위상 지연 데이터에 대한 목표물의 거리 정보를 산출한다. 본 발명의 실시예에 따라 단계 S27을 추가로 수행함으로써, 도 10

에 도시된 바와 같이, 샘플링하지 않은 샘플링 데이터 구간(S) 내에서의 목표물의 거리 정보에 대하여도 산출할 수 있으므로, 목표물의 거리를 보다 정밀하게 추정할 수 있다.

[0093] 도 11은 본 발명의 실시예에 따라 목표물의 거리를 측정한 것을 나타낸 그래프이다. 도 11에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 의하면, 목표물의 거리를 실제 목표물의 거리와 대비하여 큰 오차 없이 정확하게 추정할 수 있음을 알 수 있다. 본 발명의 실시예에 의하면, 반송파(carrier) 주파수의 도플러(doppler) 효과를 이용하여 미소 변위의 측정 정확도를 얻을 수 있다. 예를 들어, I/Q 평면상에서 1° 의 위상 차이가 발생하였을 때, $\lambda_0/720$(λ_0는 c/f_0)(f_0는 반송파주파수, c는 빛의 속도)에 해당하는 적은 변위가 발생한다. 본 발명의 일 실시예에 의하면, 종래 대비 진폭변조 레이더의 평균 거리측정오차를 1/10 수준으로 줄일 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 의하면, 최대 거리측정오차를 종래 대비 30% 수준으로 줄일 수 있다.

[0094] 이상의 실시예들은 본 발명의 이해를 돕기 위하여 제시된 것으로, 본 발명의 범위를 제한하지 않으며, 이로부터 다양한 변형 가능한 실시예들도 본 발명의 범위에 속할 수 있음을 이해하여야 한다. 예를 들어, 본 발명의 실시예에 도시된 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 반대로 여러 개로 분산된 구성 요소들은 결합되어 실시될 수 있다. 따라서, 본 발명의 기술적 보호범위는 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이며, 본 발명의 기술적 보호범위는 특허청구범위의 문언적 기재 그 자체로 한정되는 것이 아니라 실질적으로는 기술적 가치가 균등한 범주의 발명에 대하여까지 미치는 것임을 이해하여야 한다.

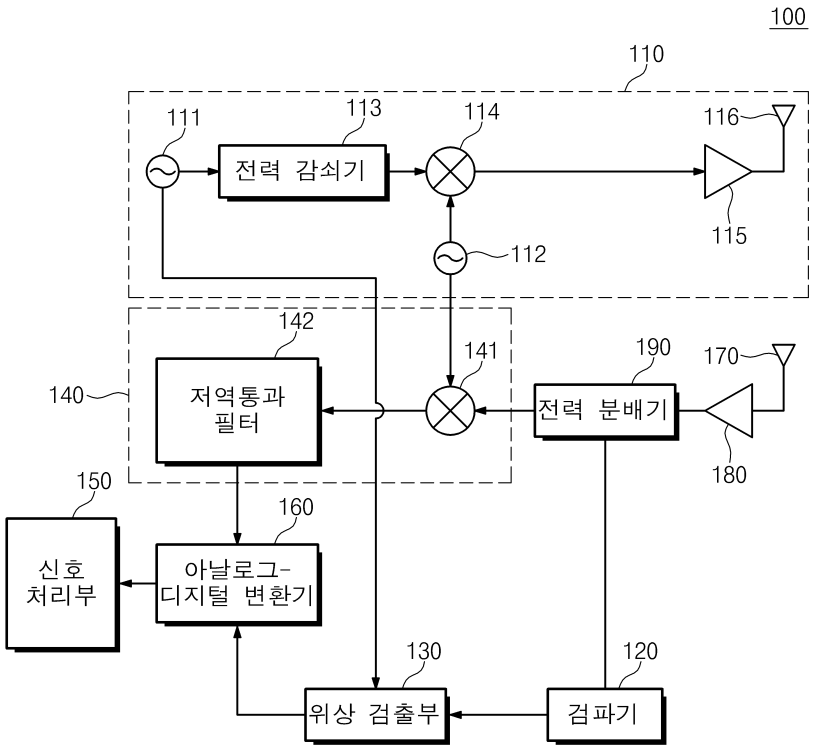
부호의 설명

[0095]

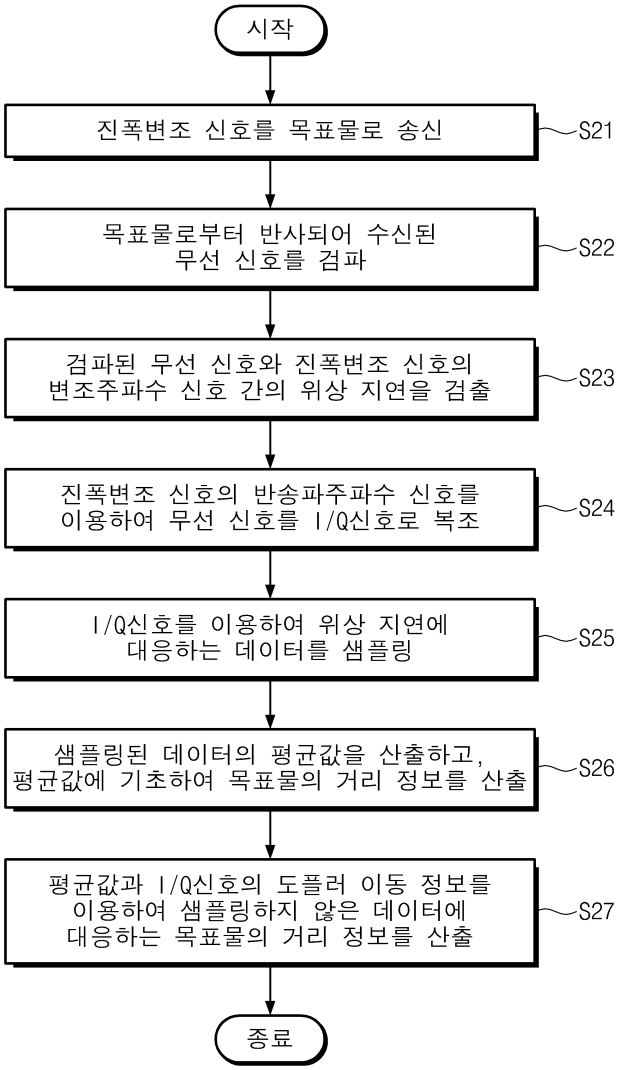
100: 진폭 변조 레이더
110: 진폭변조 신호 송신부
111: 변조주파수 신호 생성기
112: 반송파주파수 신호 생성기
113: 전력 감쇠기
114: 믹서
115: 증폭기
116: 송신 안테나
120: 검파기
130: 위상 검출부
140: 복조부
141: I/Q 디모듈레이터
142: 저역 통과 필터
150: 신호 처리부
160: 아날로그-디지털 변환기
170: 수신 안테나
180: 저잡음 증폭기
190: 전력 분배기

도면

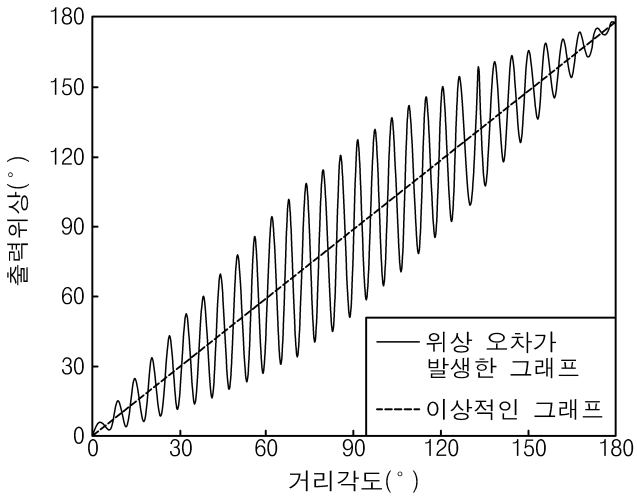
도면1


100
110
111
113
114
116
전력 감쇠기
115
112
142
141
190
170
140
저역통과 필터
전력 분배기
180
150
160
신호 처리부
아날로그-디지털 변환기
130
120
위상 검출부
검파기

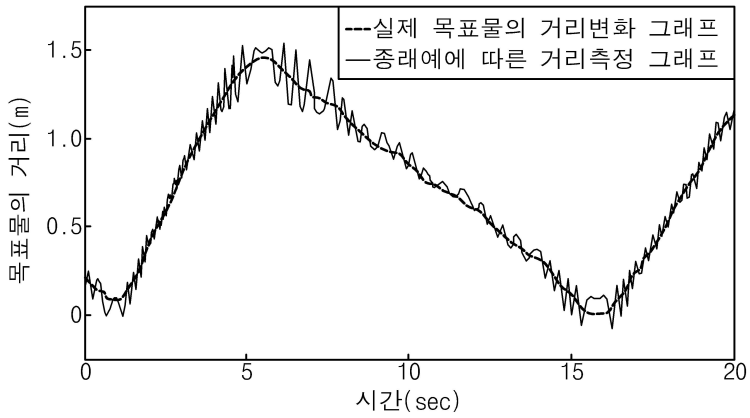
도면2


시작
진폭변조 신호를 목표물로 송신
S21
목표물로부터 반사되어 수신된 무선 신호를 검파
S22
검파된 무선 신호와 진폭변조 신호의 변조주파수 신호 간의 위상 지연을 검출
S23
진폭변조 신호의 반송파주파수 신호를 이용하여 무선 신호를 I/Q신호로 복조
S24
I/Q신호를 이용하여 위상 지연에 대응하는 데이터를 샘플링
S25
샘플링된 데이터의 평균값을 산출하고, 평균값에 기초하여 목표물의 거리 정보를 산출
S26
평균값과 I/Q신호의 도플러 이동 정보를 이용하여 샘플링하지 않은 데이터에 대응하는 목표물의 거리 정보를 산출
S27
종료

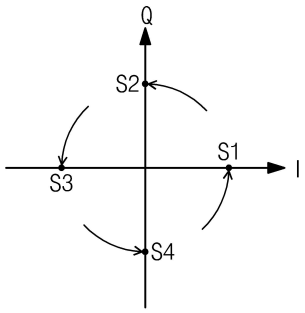
도면3


180
150
120
90
60
30
0
출력위상(°)
0
30
60
90
120
150
180
거리각도(°)
위상 오차가 발생한 그래프
이상적인 그래프

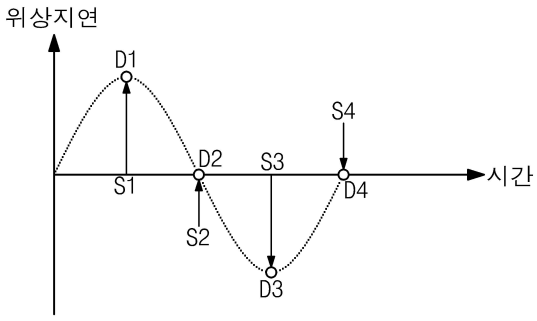
도면4


---실제 목표물의 거리변화 그래프
—종래에에 따른 거리측정 그래프
목표물의 거리(m)
1.5
1.0
0.5
0
0
5
10
15
20
시간(sec)

도면5

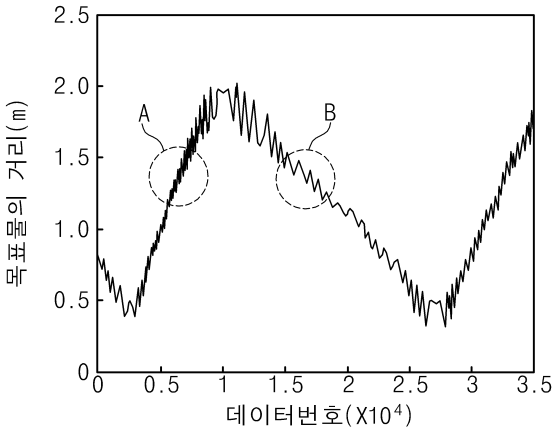

Q
S2
S1
I
S3
S4

(a)

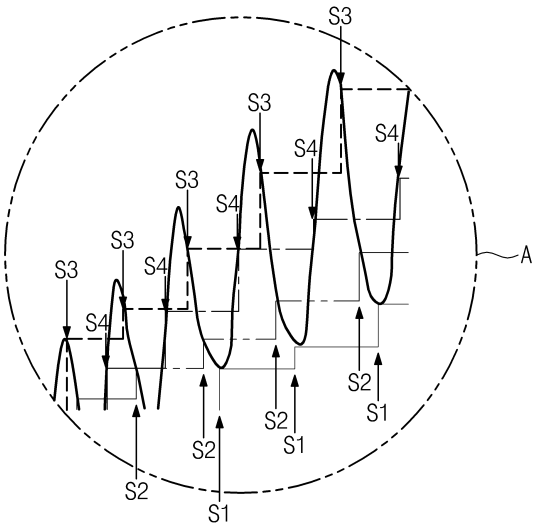

위상지연
D1
S4
D2
S3
시간
S1
D4
S2
D3

(b)

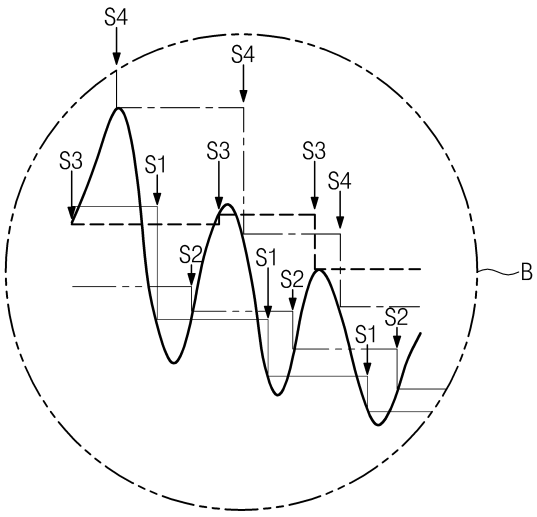
도면6


2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0
목표물의 거리(m)
A
B
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
데이터번호(X10⁴)

도면7

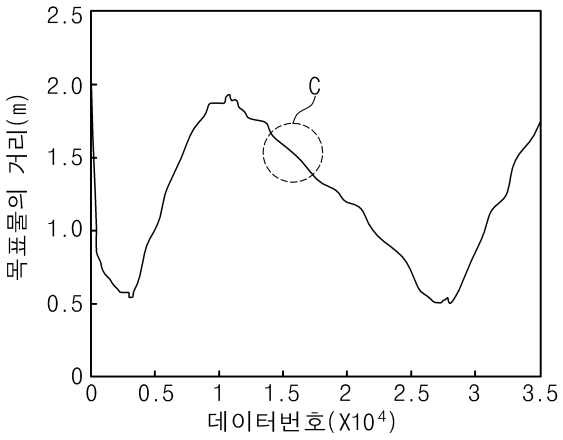

S3
S4
S2
S1
A

(a)

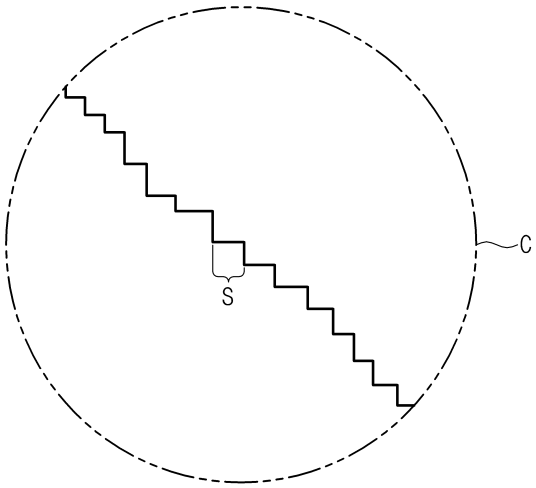

S4
S3
S1
S2
B

(b)

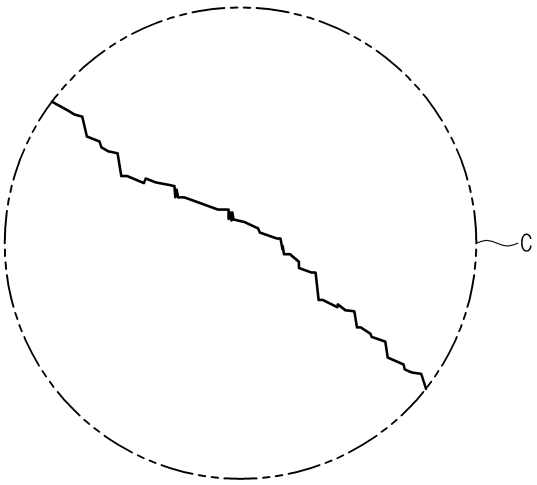
도면8



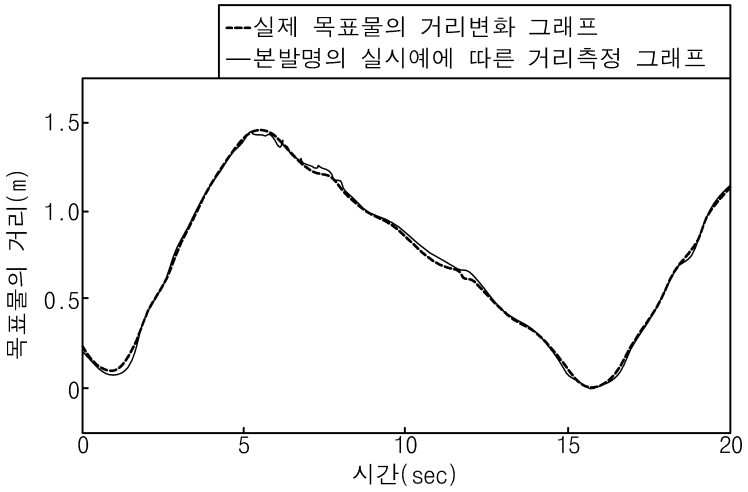
도면9



도면10



도면11


---실제 목표물의 거리변화 그래프
—본발명의 실시예에 따른 거리측정 그래프
목표물의 거리(m)
1.5
1.0
0.5
0
0
5
10
15
20
시간(sec)