



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년06월02일

(11) 등록번호 10-2259887

(24) 등록일자 2021년05월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01S 17/32 (2020.01) G01S 17/00 (2020.01)

G01S 17/06 (2006.01) G01S 7/288 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01S 17/32 (2021.01)

G01S 17/00 (2021.01)

(21) 출원번호 10-2020-0120363

(22) 출원일자 2020년09월18일

심사청구일자 2020년09월18일

(56) 선행기술조사문헌

JP2017161484 A*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 2 항

(73) 특허권자

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

이성주

서울특별시 광진구 뚝섬로35길 32, 308-1110

김찬규

서울특별시 광진구 능동로17길 11 204호

(74) 대리인

이강민, 안준형, 남승희

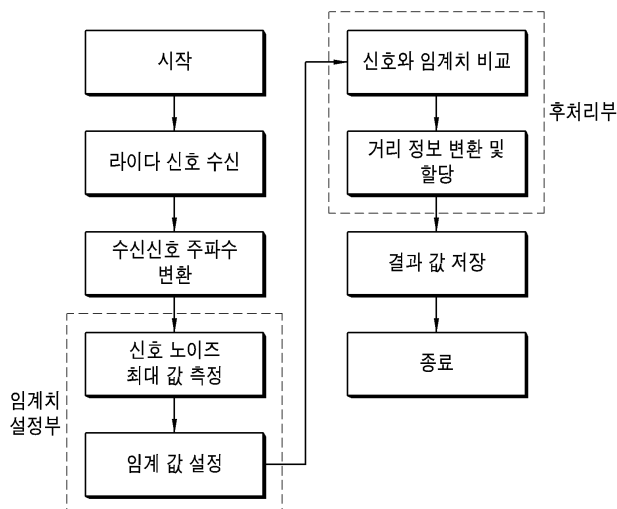
심사관 : 김민성

(54) 발명의 명칭 FMCW LiDAR 시스템에서 거리 해상도 향상을 위한 후처리 기법

(57) 요약

FMCW 라이다 시스템에서 물체와 라이다 사이의 거리를 추출할 때, 고속 푸리에 변환 이후 발생하는 사이드 로브 신호의 존재에 따라 거리 해상도의 소수배에서 발생하는 거리 정보를 산출 하기 위하여 거리 해상도의 정수배에서의 패턴을 활용하여 표현하는 방법을 제공하는 발명이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G01S 17/06 (2013.01)
G01S 7/2813 (2013.01)
G01S 7/2883 (2021.05)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020170121480 A
US20200278432 A1
KR1020150063639 A
KR1020150097950 A
KURT, Sinan. Range resolution improvement of FMCW radars. Master's Thesis. Middle East Technical University. 2007.*
M. Gasior 외 1명. Improving FFT frequency measurement resolution by parabolic and Gaussian spectrum interpolation. AIP Conference Proceedings. American Institute of Physics. 2004.*
KR101092567 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711116145
과제번호 2018-0-01423-003
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 대학ICT연구센터지원사업
연구과제명 지능형 비행로봇 융합기술 연구
기 여 율 1/2
과제수행기관명 세종대학교 산학협력단
연구기간 2020.01.01 ~ 2020.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711116047
과제번호 10080619
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원
연구사업명 전자정보디바이스산업원천기술개발(R&D)
연구과제명 자동차 ADAS 및 자율주행 지원을 위한 핵심 IP 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 한양대학교 에리카 산학협력단
연구기간 2020.01.01 ~ 2020.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

라이다 시스템에 있어서,

레이저 신호를 외부로 송신하는 송신부;

레이저 신호가 소정의 물체와 충돌하여 반사되어 돌아오는 신호를 수신하는 수신부;

상기 송수신 신호를 수집하여 믹싱 신호를 생성하는 수집부;

상기 믹싱 신호를 고속 푸리에 변환하여 비트 주파수를 추출하여 거리를 산출하는 DSP;

를 포함하여 구성되며

상기 DSP는,

상기 믹싱 신호를 고속 푸리에 변환한 신호로부터 메인로브 신호와 사이드 로브 신호를 검출하고,

상기 사이드로브 신호 중, 상기 메인로브 신호와 바로 인접한 사이드 로브 신호가 소정의 임계값보다 큰 진폭을 가지는 경우, 아래 수학적식 (2)에 따라 대상물체의 거리를 산출하며,

상기 메인로브 신호와 바로 인접한 사이드 로브 신호가 소정의 임계값보다 큰 진폭을 가지지 않는 경우, 아래 수학적식 (1)에 따라 대상물체의 거리를 산출하는 것을 특징으로 하는 라이더 장치.

수학적식 (1)

$$R = \frac{f_b \cdot T_b \cdot C}{2 \cdot BW}$$

R = 물체와 라이더 사이 거리

f_b = 비트 주파수

$maxpoint$ = 메인 로브 신호가 발생한 샘플 위치

T_b = 라이더 시스템의 신호 시간(Sweep time)

C = 빛의 속도

BW = 라이더 시스템 처핑 대역폭(Chirping Bandwidth)

수학적식 (2)

$$R = \frac{f_b \left(\frac{maxpoint \cdot (\alpha - \beta)}{maxpoint \cdot \alpha} \right) T_b \cdot C}{2 \cdot BW}$$

R = 물체와 라이더 사이 거리

f_b = 비트 주파수

$maxpoint$ = 메인 로브 신호가 발생한 샘플 위치

α = 시스템 거리 해상도

β = α -목표 거리 해상도

T_b = 라이다 시스템의 신호 시간(Sweep time)

C = 빛의 속도

BW = 라이다 시스템 채핑 대역폭(Chirping Bandwidth)

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

라이다에서 거리를 산출하는 방법에 있어서,

송수신 신호를 수집하여 믹싱 신호를 생성하는 단계;

상기 믹싱 신호를 주파수 영역으로 나타내는 고속 푸리에 변환하는 단계;

고속 푸리에 변환한 믹싱 신호에서 메인 로브 신호를 추출하는 메인 로브 샘플 추출 단계;

상기 메인 로브 샘플 이외의 샘플들 중 소정의 조건을 만족하는 샘플을 사이드 로브 신호로 분류하는 사이드 로브 신호 분류 단계;

상기 사이드 로브 신호가 발생하는지를 판단하는 사이드 로브 신호 발생여부 판단단계;

상기 사이드 로브 신호의 발생여부에 따라서 대상물체의 거리를 산출하는 거리 산출단계;

상기 소정의 조건은,

상기 사이드 로브의 진폭이 소정의 임계값보다 큰 지 여부 및

상기 사이드 로브를 발생시키는 샘플의 위치가 메인 로브 신호를 발생시키는 샘플의 위치와 바로 인접하는 것;

상기 거리 산출 단계는,

상기 소정의 조건을 만족하는 사이드 로브 신호가 존재하지 않는 경우, 아래 수학식 (1)에 따라 대상물체의 거리를 산출하며,

상기 소정의 조건을 만족하는 사이드 로브 신호가 존재하는 경우, 아래 수학식 (2)에 따라 대상물체의 거리를 산출하는 것을 특징으로 하는 거리 산출 방법.

수학식 (1)

$$R = \frac{f_b \cdot T_b \cdot C}{2 \cdot BW}$$

R = 물체와 라이다 사이 거리

f_b = 비트 주파수

maxpoint = 메인 로브 신호가 발생한 샘플 위치

T_b = 라이다 시스템의 신호 시간(Sweep time)

C = 빛의 속도

BW = 라이다 시스템 처핑 대역폭(Chirping Bandwidth)

수학식 (2)

$$R = \frac{f_b \left(\frac{\text{maxpoint} \cdot (\alpha - \beta)}{\text{maxpoint} \cdot \alpha} \right) T_b \cdot C}{2 \cdot BW}$$

R = 물체와 라이다 사이 거리

f_b = 비트 주파수

maxpoint = 메인 로브 신호가 발생한 샘플 위치

α = 시스템 거리 해상도

$\beta = \alpha$ - 목표 거리 해상도

T_b = 라이다 시스템의 신호 시간(Sweep time)

C = 빛의 속도

BW = 라이다 시스템 처핑 대역폭(Chirping Bandwidth)

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 FMCW LiDAR 시스템에서 거리 정밀도를 향상하기 위하여 고속 푸리에 변환 후 처리하는 알고리즘 및 수식을 제공하는 발명이다.

배경 기술

[0002] LiDAR(이하 라이다라고 한다)는 레이저를 사용하여 물체와 라이다 사이의 거리를 측정하는 장치이다. 라이다는 빛을 사용하는 레이저를 송수신 신호로 사용하기 때문에 레이다보다 더 빠른 응답속도를 가지고 있다. 라이다 방식 중 FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave) 방식은 주파수 변조 연속파로 시간에 따라 주파수를 변화 시킨 신호를 송신하는 방법이다.

[0003] FMCW 라이다 방식은 FMCW 레이다 처리 방식과 유사하여 송신 신호와 물체와 충돌 후 되돌아오는 수신 신호의 주파수 차인 비트 주파수 신호를 형성하게 된다. 이러한 비트 주파수는 도플러 효과(Doppler Shift)에 의해 거리

와 상대 속도에 대한 정보를 가지고 있다.

[0004] 고속 푸리에 변환(FFT)에서 FFT 빈(bin)의 정수배에 의해서 거리 정보가 산출된다. 예를 들어, 비트 주파수가 N-1번째 FFT 빈과 N번째 FFT 빈 사이에 존재하게 되면 데이터를 분산하여 표현한다. 이에 정밀도가 떨어지고 FFT 빈이 커질수록 정확한 비트 주파수를 추출하기 어려워진다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 이에 본 발명에서는 상기와 같이 FFT 빈의 정수배로 분산되어 표현되던 FFT 빈의 소수배 데이터를 추출하여 거리를 정밀하게 산출하는 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기의 문제를 해결하기 위해 본 발명에서는, 라이다 시스템에 있어서, 레이저 신호를 외부로 송신하는 송신부; 상기 레이저 신호가 소정의 물체와 충돌하여 반사되어 돌아오는 신호를 수신하는 수신부; 상기 송수신 신호를 수집하는 수집부; 상기 송수신 신호를 고속 푸리에 변환하여 비트 주파수를 추출하여 거리를 산출하는 DSP;를 포함하여 구성되며 상기 DSP는, 상기 수집부에서 수집한 신호를 고속 푸리에 변환한 후 발생하는 메인 로브를 생성하는 신호 및 메인 로브 이외의 신호들 중 소정의 조건을 만족하는 사이드 로브 신호의 발생 여부를 판단하고, 상기 사이드 로브 신호의 발생 여부에 따라서 거리 해상도를 보정하여 대상물체의 거리를 산출하는 것을 특징으로 하는 라이다 장치를 제공한다.

[0007] 구체적으로 상기 사이드 로브 신호는, 주파수 영역에서 메인 로브를 제외한 신호 중 크기가 소정의 임계값 이상인 임계값 조건을 만족하는 신호인 것을 특징으로 하는 라이다 장치와 상기 사이드 로브 신호는, 상기 메인 로브가 존재하는 샘플 보다 작거나 큰 샘플에서 발생하는 샘플 위치 조건을 만족하는 사이드 로브 신호인 것을 특징으로 가지는 라이다 장치로 나타낼 수 있다.

[0008] 더 구체적으로는 상기 소정의 임계값 조건과 샘플 위치 조건을 만족하는 사이드 로브 신호가 없는 경우, 아래 수학식 (1)에 따라 대상물체의 거리를 산출하며,

[0009] 상기 사이드 로브 신호가 존재하는 경우, 상기 수학식 (2)에 따라 대상 물체의 거리를 산출하는 것을 특징으로 하는 라이다 장치.

[0010] 수학식 (1)

$$R = \frac{f_b \cdot T_b \cdot C}{2 \cdot BW}$$

[0012] R = 물체와 라이다 사이 거리

[0013] f_b = 비트 주파수

[0014] maxpoint = 메인 로브 신호가 발생한 샘플 위치

[0015] T_b = 라이다 시스템의 신호 시간(Sweep time)

[0016] C = 빛의 속도

[0017] BW = 라이다 시스템 처핑 대역폭(Chirping Bandwidth)

[0019] 수학식 (2)

$$R = \frac{f_b \cdot \left(\frac{\text{maxpoint} \cdot \alpha - \beta}{\text{maxpoint} \cdot \alpha} \right) \cdot T_b \cdot C}{2 \cdot BW}$$

[0021] R = 물체와 라이다 사이 거리

- [0022] f_b = 비트 주파수
- [0023] maxpoint = 메인 로브 신호가 발생한 샘플 위치
- [0024] α = 시스템 거리 해상도
- [0025] $\beta = \alpha$ -목표 거리 해상도
- [0026] T_b =라이다 시스템의 신호 시간(Sweep time)
- [0027] C = 빛의 속도
- [0028] BW = 라이다 시스템 처핑 대역폭(Chirping Bandwidth)
- [0029] 로 나타낼 수 있다.
- [0030] 또한, 라이다에서 거리를 산출하는 방법에 있어서, 송수신 신호를 수집하는 단계; 수집한 송수신 신호를 주파수 영역으로 나타내는 고속 푸리에 변환하는 단계; 고속 푸리에 변환 후 메인 로브 신호를 추출하는 메인 로브 신호 추출 단계; 상기 메인로브 신호 이외의 신호들 중, 소정의 조건을 만족하는 사이드 로브 신호가 있는 지를 판단하는 사이드 로브 신호 발생여부 판단단계; 상기 사이드 로브 신호의 발생 여부에 따라서 거리 해상도를 보정하여 대상물체의 거리를 산출하는 거리 산출단계; 를 포함하는 거리 산출 방법이다.
- [0031] 구체적으로 상기 사이드 로브 신호는, 주파수 영역에서 메인 로브 신호를 제외한 신호 중 크기가 소정의 임계값 이상인 임계값 조건을 만족하는 신호인 것을 특징으로 하는 거리 산출 방법으로 나타내며, 더 구체적으로는 상기 사이드 로브 신호는, 상기 메인 로브가 존재하는 샘플 보다 작거나 큰 샘플에서 발생하는 샘플 위치 조건을 만족하는 사이드 로브 신호인 것을 특징으로 하는 거리 산출 방법이다.
- [0032] 상기 거리 산출단계는, 소정의 임계값 조건과 샘플 위치 조건을 만족하는 사이드 로브 신호가 없는 경우, 아래 수학적식 (1)에 따라 대상물체의 거리를 산출하며, 상기 사이드 로브 신호가 존재하는 경우, 상기 수학적식 (2)에 따라 대상 물체의 거리를 산출하는 것을 특징으로 하는 라이다 장치를 특징으로 하는 거리 산출 방법
- [0033] 수학적식 (1)
- [0034]
$$R = \frac{f_b \cdot T_b \cdot C}{2 \cdot BW}$$
- [0035] R = 물체와 라이다 사이 거리
- [0036] f_b = 비트 주파수
- [0037] maxpoint = 메인 로브 신호가 발생한 샘플 위치
- [0038] T_b =라이다 시스템의 신호 시간(Sweep time)
- [0039] C = 빛의 속도
- [0040] BW = 라이다 시스템 처핑 대역폭(Chirping Bandwidth)
- [0041] 수학적식 (2)
- [0042]
$$R = \frac{f_b \cdot \left(\frac{\text{maxpoint} \cdot \alpha - \beta}{\text{maxpoint} \cdot \alpha} \right) \cdot T_b \cdot C}{2 \cdot BW}$$
- [0043] R = 물체와 라이다 사이 거리

- [0044] f_b = 비트 주파수
- [0045] maxpoint = 메인 로브 신호가 발생한 샘플 위치
- [0046] α = 시스템 거리 해상도
- [0047] $\beta = \alpha \cdot$ 목표 거리 해상도
- [0048] T_b = 라이다 시스템의 신호 시간(Sweep time)
- [0049] C = 빛의 속도
- [0050] BW = 라이다 시스템 처핑 대역폭(Chirping Bandwidth
- [0051] 로 나타난다.

발명의 효과

- [0052] 종래 기술에서는 FFT 빈의 정수배로 분산되어 표현되던 거리 정보를 FFT 빈의 소수배에 대한 거리 정보를 추출함으로 더 정확한 거리를 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0053] 도 1은 본 발명에서의 신호 처리 알고리즘의 예이다.
- 도 2는 본 발명에서 제공하는 임계치 설정부와 후처리부에 대한 상세히 나타낸 것이다.
- 도 3은 본 발명에서 주파수 영역에서의 메인 로브(Main lobe)와 부가 신호를 나타낸 것이다.
- 도 4는 본 발명에서의 FFT 빈의 정수배에서의 메인 로브(Main lobe)를 나타낸 것이다.
- 도 5는 본 발명에서의 FFT 빈의 소수배에서의 비트 주파수 신호를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0054] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시 예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면부호를 붙였다.

- [0055] 1. 라이다 원리

- [0056] 1.1. 라이다의 구성 및 동작 원리

- [0057] 라이다의 구성은 크게는 신호를 발생하는 레이저 송신부와 반사된 신호를 수신하는 수신부로 구성되어 있으며 수신된 신호에서의 정보를 추출하는 DSP로 구성되어 있다.

- [0058] 송신부에서 레이저 신호를 보내고, 물체와 충돌한 신호는 돌아서 수신부로 들어오게 된다. 신호는 거리 정보 및 상대 속도를 가지고 있으며, 라이다에서 거리 정보를 산출하는 방법은 크게 3가지로 나뉘게 된다. ToF(Time of Flight), Phase shift, FMCW 방식이 있다.

- [0059] 1.2. ToF (Time of Flight) 방식

- [0060] ToF 방식이란, 레이저 신호를 방출하여 측정 범위 내에 있는 물체들로부터의 반사 신호들이 수신부에 도착하는 시간을 측정하여 계산하여 거리를 산출하는 것이다.

- [0061] 1.3. Phase Shift 방식

- [0062] Phase Shift 방식이란, 특정 주파수를 가지고 연속적으로 변조되는 레이저 신호를 방출하고 측정 범위 내에 있는 물체로부터 반사되어 돌아오는 신호의 위상 변화량을 측정하여 시간 및 거리를 계산하는 것이다.

- [0063] 1.4. FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) 방식

[0064] 본 발명에서 적용하는 FMCW 방식이란, 신호의 주파수를 시간에 따라 변조하여 송신하는 것이다. 이렇게 변화하는 신호를 처프 신호라 한다.

[0065] FMCW 동작 원리를 상세히 설명하면, 시간에 따라 주파수가 변화하는 광 신호를 송신하고 송신 신호가 물체와 충돌하고 반사되어 돌아와 수신 신호가 된다. 송신 신호와 수신 신호에 의해서 비트 주파수가 생성되는데, 비트 주파수는 송신신호와 수신신호의 주파수 차이로 볼 수 있으며 도플러 시프트(Doppler Shift)에 의해 거리에 대한 정보를 가지고 있다. 도플러 시프트란, 파동에서 파동원과 관찰자의 상대 속도에 따라 진동수와 파장이 바뀌는 현상이다.

[0066] 시간 영역에서 이루어지는 처프 신호를 주파수 영역으로 변환하여 거리 정보를 가지고 있는 비트 주파수를 추출하는 고속 푸리에 변환을 진행하게 된다. 이에 주파수 영역에서 비트 주파수를 나타낸다. 비트 주파수는 라이다와 물체 사이의 거리 정보를 가지고 있어 거리를 산출 할 수 있다.

[0067] 2.종래 기술

[0068] 라이다 시스템 거리 해상도는 $\frac{c}{2 \cdot BW}$ 로 C 는 빛의 속도, BW 는 처핑 대역폭(Chirping Bandwidth)으로 라이다의 대역폭이다. 라이다의 거리 해상도는 처핑 대역폭(Chirping Bandwidth)에 의해 결정되게 된다. 거리 해상도를 개선하기 위하여 대역폭을 개선하여야 하지만, 이는 라이다 자체에서 하드웨어적으로 개선되어야 하므로, 비용 및 구조의 복잡성이 증가하는 문제가 있다.

[0069] [수학식 1]

$$R = \frac{f_b \cdot T_b \cdot C}{2 \cdot BW}$$

[0070]

[0071] R = 물체와 라이다 사이 거리

[0072] f_b = 비트 주파수

[0073] maxpoint = 메인 로브 신호가 발생한 샘플 위치

[0074] T_b = 라이다 시스템의 신호 시간(Sweep time)

[0075] C = 빛의 속도

[0076] BW = 라이다 시스템 처핑 대역폭(Chirping Bandwidth)

[0077] 고속 푸리에 변환에서 추출한 비트 주파수를 통하여 상기 수학식 1에 거리에 대한 정보를 추출 할 수 있다. 상기 수학식 1에서 R 은 거리, f_b 는 비트 주파수, T_b 는 라이다 시스템의 신호 시간(Sweep time), C 는 빛의 속도, BW 는 라이다 처핑 대역폭이다. T_b, C, BW 는 상수이다. 따라서, 물체와 라이다 사이의 거리는 비트 주파수와 비례하게 되며 거리 해상도 (거리 해상도는 ΔR 로 거리 간격이다.)와 FFT 빈은 1 대 1 대응이 된다.

[0078] 3.본원 발명

[0079] 3.1.본원 발명에서의 알고리즘

[0080] 본 발명은 고속 푸리에 변환 이후 추출된 값을 패턴화 하여 정밀한 거리 값을 추출하는 방법을 제공한다.

[0081] 본 발명은 도 1과 같은 알고리즘으로 구성 되어 있다. FMCW 라이다에서 송신한 신호가 물체와 충돌 후 반사된 수신 신호와 송신 신호를 수집한다. 이후 고속 푸리에 변환을 하여 신호를 주파수 영역에서 표현하게 된다.

[0082] 주파수 영역에서 신호의 크기가 소정의 임계값 미만에서는 노이즈로 판단한다. 소정의 임계값 이상의 신호를 사이드 로브 신호로 판단하여, 사이드 로브 신호가 존재하게 되면 거리 해상도를 보정하는 후처리를 하여 정밀한 거리 정보를 산출한다. 도 2는 본 발명의 후처리 알고리즘에 대하여 상세히 나타낸 예이다.

3.2. 임계값 설정부

도 3과 같이 신호를 고속 푸리에 변환 하여 주파수 영역에 나타내게 되면, 메인 로브(Main lobe) 신호(310)와 부가 신호(320,330)가 생기게 된다. 부가 신호(320,330)중에서 노이즈 신호는 제거하고 사이드 로브 신호를 추출하기 위하여 임계값을 설정한다. 임계값 이상의 크기를 갖는 신호를 사이드 로브 신호로 분류한다. 이러한 임계값은 임계값 설정부에서 설정해주고, 임계값은 노이즈의 최댓값에 약간의 여유를 주어 설정한다.

3.3. 후처리부

라이다 시스템에서, 라이다 거리 해상도가 ΔR 일 때, 물체의 거리가 $N \cdot \Delta R$ 에 존재하게 되면 $N \cdot \Delta R$ 에서 메인 로브 신호가 발생하여 물체와 라이다 사이의 거리가 표현된다. 반면, 물체가 정확한 $N \cdot \Delta R$ 에 위치하지 않는 경우, 메인 로브 신호와 사이드 로브 신호가 발생하게 된다.

예를 들어 상세히 설명하면, 3 cm 간격으로 거리 해상도를 가지는 라이다가 있다. 만약 물체가 4 cm에 있게 되면 거리 해상도가 3 cm 인 시스템으로는 종래에는 4 cm 거리를 산출하지 못하고, 3 cm 또는 6 cm로 산출할 수밖에 없었다. 이러한 결과는 결국 물체와 라이다 사이의 정확한 거리 정보가 아닌 근사값을 추출하는 것과 같다. 반면, 본 발명은 3 cm 해상도 시스템으로, 4 cm 거리도 추출할 수 있는 방법을 제공한다.

도 4와 도 5는 상기 예를 나타낸 그래프이다. 거리 해상도가 3 cm인 라이다 시스템에서 도 4는 물체가 3 cm에 있을 때를 표현 한 것이고, 도 5는 물체가 4 cm에 있을 때를 나타낸 것이다. 도 4와 도 5는 라이다 신호를 고속 푸리에 변환 한 후 표현한 것으로 X축은 샘플이며, Y 축은 비트 주파수 크기이다. 또한, 수학적 식 1에 의해 거리 해상도와 FFT 빈을 1 대 1 대응되게 된다. 도 4에서는 거리 해상도가 3 cm일 때 즉, 0 cm 간격에서 메인 로브 신호가 60으로 생성되는 것을 확인 할 수 있다. 도 4는 거리 해상도와 일치하는 곳에 물체가 존재하면 이는 거리 해상도의 정수배에 해당하는 신호가 들어왔기 때문에 메인 로브 신호만이 존재하게 된다. 도 4와 같이 메인 로브 신호만 존재할 때는, 수학적 식 1을 적용한다.

도 5는 거리 해상도의 소수배 신호가 들어왔을 때를 나타낸 것이다. 상기 도 4와 같이 거리 해상도가 3 cm인 라이다에서 4 cm에 물체가 존재할 때를 나타낸 것이다. 도 5에서 나타내는 x는 샘플 위치로 2개의 신호가 발생하며, 거리 정보가 분산되어 나타난 것이다. 첫번째 신호는 3 cm에서 메인 로브 신호가 45가 되며, 두번째 신호는 6 cm에서 15로 사이드 로브 신호가 나타난다. 따라서, 라이다 시스템에서는 위치를 3 cm로 인지하게 된다.

상기 도 5와 같은 특징을 사용하여 정확한 거리를 산출 하기 위한 방법을 수학적 식 2를 통해 제공한다. 수학적 식 2는 수학적 식 1을 변형하여 만들었다.

[수학적 식 2]

$$R = \frac{f_b \left(\frac{\text{maxpoint} \cdot (\alpha - \beta)}{\text{maxpoint} \cdot \alpha} \right) T_b \cdot C}{2 \cdot BW}$$

단, 본 발명에서 제공하는 수학적 식 2는 조건 i), ii) 이 성립할 때 적용할 수 있다.

상기 도 5와 같이 메인 로브 신호가 발생하는 샘플 위치(x1)를 maxpoint라 하며, 사이드 로브 신호가 발생하는 샘플 위치(x2)를 secondpoint라고 한다.

조건 i) 고속 푸리에 변환한 주파수 영역에서의 신호에서 메인로브를 제외한 사이드 로브 신호의 크기는 소정의 임계값 이상일 것

조건 ii)는 secondpoint가 발생하는 점으로 maxpoint 보다 1 크거나 작을 것

수학적 식 2를 설명한다. 수학적 식 2에서 R 는 거리를 나타낸다. f_b 는 비트 주파수, maxpoint 는 메인 로브 신호가 존재하는 샘플 위치이다. T_b 는 라이다 신호 시간(Sweep time)이며, C 는 빛의 속도, BW 는 라이다의 대역폭이다. α 는 사용자가 사용하는 시스템의 거리 해상도 값이고, β 는 α 보다 작은 거리 간격이면서 $\beta = \alpha - \text{목표 거리 해상도}$ 이다. 목표 거리 해상도는 사용자가 원하는 거리 해상도이다.

[0099] 즉, 조건 i)에서, 임계값 이상의 사이드 로브 신호가 검출되지 않으면, β 는 제로(0)이 되며 위 수학적 2는

$$R = \frac{f_b \cdot T_b \cdot C}{2 \cdot BW}$$

[0100] 와 같이 되어, 종래기술의 거리 산출식이 된다.

[0102] 본 발명에서는 상기 예를 적용하여 3 cm 거리 해상도를 가지는 라이다 시스템을 통해 1 cm, 2 cm 거리 정보를 산출 할 수 있도록 하는 것이다. 아래 수학적 3, 4를 들어 예시를 설명한다.

[0103] 물체가 1 cm에 존재할 때, 조건 i) 사이드 로브 신호의 크기가 임계값 보다 크고 조건 ii) 사이드 로브 신호가 발생한 secondpoint 위치가 메인 로브 신호가 발생한 maxpoint의 위치보다 1 크면, 수학적 3을 사용한다. 조건 ii)를 예를 들어 설명하면, 라이다 시스템이 3 cm 거리 해상도를 갖고 물체가 1 cm 떨어진 위치에 존재하게 0 cm에 더 근사하게 되어 메인 로브 신호는 0cm에서 생성되고, 사이드 로브는 3 cm에서 생성되게 된다.

[0104] [수학적 3]

$$R = \frac{f_b \left(\frac{\text{maxpoint} \cdot (3-2)}{\text{maxpoint} \cdot 3} \right) T_b \cdot C}{2 \cdot BW}$$

[0105]

[0106] 수학적 3에 대하여 설명한다. 상기 수학적 3에서 R 는 거리를 나타낸다. f_b 는 비트 주파수, maxpoint 는 메인 로브 신호가 존재하는 샘플 위치이다. T_b 는 라이다 시스템의 신호 시간(Sweep time)이며, C 는 빛의 속도, BW 는 라이다의 대역폭이다. 거리 해상도와 FFT 빈을 1 대 1 대응하였기에, FFT 빈을 나타내는 α 에는 3 cm 거리 해상도를 대입하였다. 목표 거리 해상도가 1 cm 인 본 예에서 $\beta = 3 - 1 = 2$ 를 대입한다.

[0107] 물체가 2 cm에 존재할 때, 조건 i) 사이드 로브 신호의 크기가 임계값 보다 크고 조건 ii) 사이드 로브 신호가 발생한 secondpoint 위치가 메인 로브 신호가 발생한 maxpoint의 위치보다 1 작으면, 수학적 4를 사용한다. 조건 ii)를 예를 들어 설명하면, 라이다 시스템이 3 cm 거리 해상도를 갖고 물체가 2 cm 떨어진 위치에 존재하게 3 cm에 더 근사하게 되어 메인 로브 신호는 3cm에서 생성되고, 사이드 로브 신호는 0 cm에서 생성되게 된다.

[0108] [수학적 4]

$$R = \frac{f_b \left(\frac{\text{maxpoint} \cdot (3-1)}{\text{maxpoint} \cdot 3} \right) T_b \cdot C}{2 \cdot BW}$$

[0109]

[0110] 수학적 4에 대하여 설명한다. 상기 수학적 4에서 R 는 거리를 나타낸다. f_b 는 비트 주파수, maxpoint 는 메인 로브 신호가 존재하는 샘플 위치이다. T_b 는 라이다 시스템 신호 시간(Sweep time)이며, C 는 빛의 속도, BW 는 라이다의 대역폭이다. 거리 해상도와 FFT 빈을 1 대 1 대응하였기에, 3 cm 거리 해상도를 대입하였다. 목표 거리 해상도가 2 cm 이기 때문에 $\beta = 3 - 2 = 1$ 를 대입한다.

[0111] 한편, 본 발명의 기술적 사상은 상기 실시 예에 따라 구체적으로 기술되었으나, 상기 실시 예는 그 설명을 위한 것이며, 그 제한을 위한 것이 아님을 주의해야 한다. 또한, 본 발명의 기술분야에서 당업자는 본 발명의 기술 사상의 범위 내에서 다양한 실시 예가 가능함을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0112] 310 메인 로브(Main lobe)

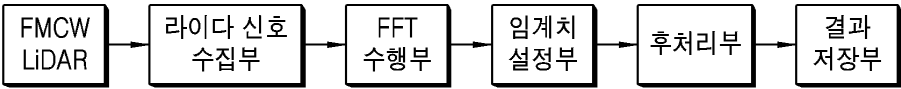
320 부가 신호

330 부가 신호

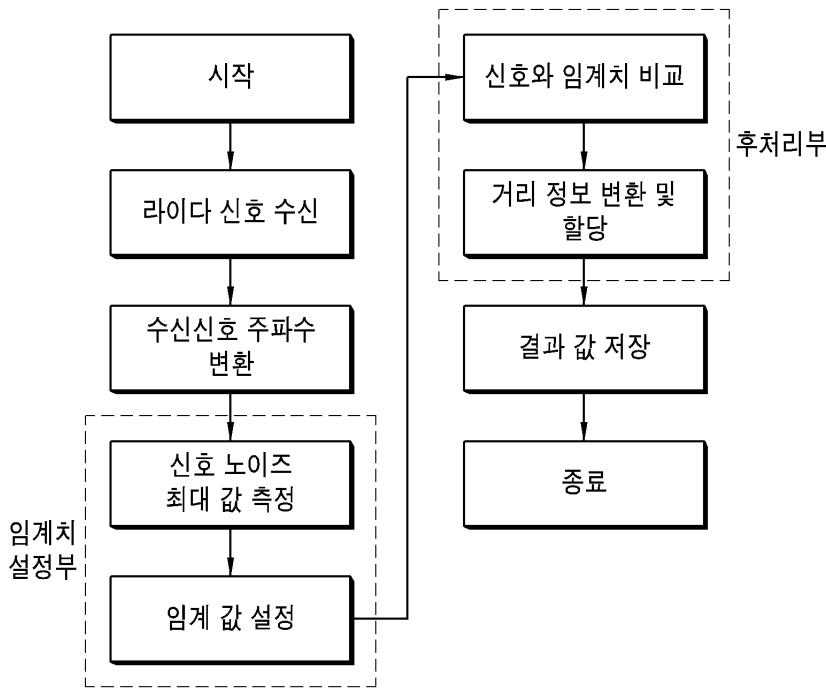
- 410 메인 로브(Main lobe) 신호
- 510 메인 로브(Main lobe) 신호
- 520 사이드 로브(Side lobe) 신호

도면

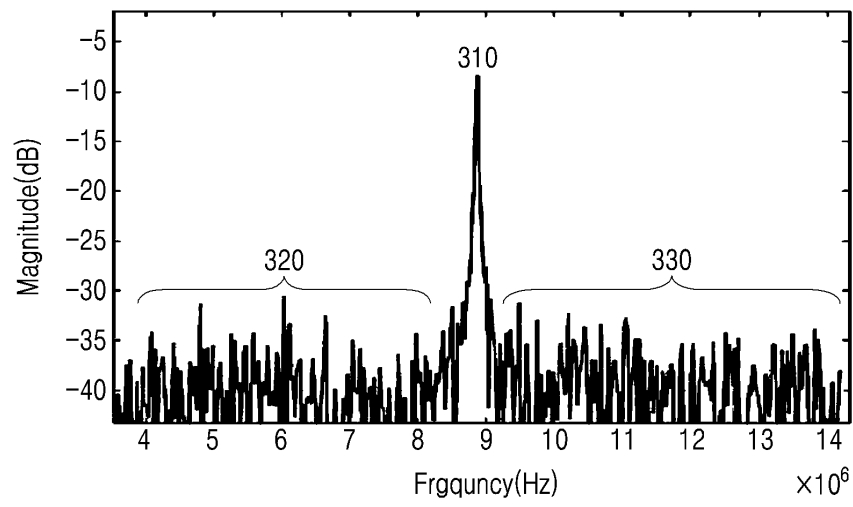
도면1



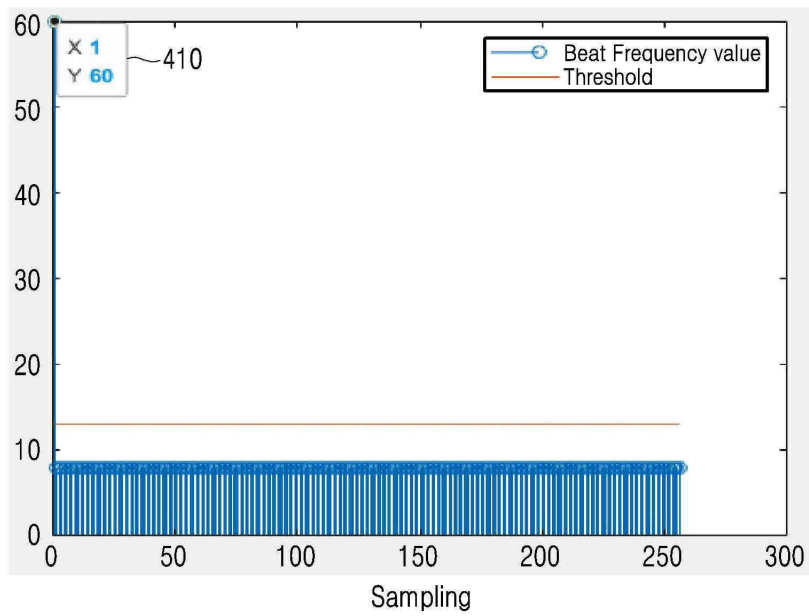
도면2



도면3



도면4



도면5

