



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년07월15일

(11) 등록번호 10-2684566

(24) 등록일자 2024년07월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01S 17/34 (2020.01) G01S 7/481 (2006.01)

G01S 7/4911 (2020.01) G01S 7/4913 (2020.01)

G01S 7/4915 (2020.01)

(52) CPC특허분류

G01S 17/34 (2021.01)

G01S 7/4817 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0099414

(22) 출원일자 2021년07월28일

심사청구일자 2021년07월28일

(65) 공개번호 10-2023-0017642

(43) 공개일자 2023년02월06일

(56) 선행기술조사문헌

KR102202319 B1\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

이성주

서울특별시 광진구 독성로35길 32, 308-1110

김세훈

경기도 화성시 삼성1로 150, 706호

(74) 대리인

이강민, 안준형, 남승희

전체 청구항 수 : 총 14 항

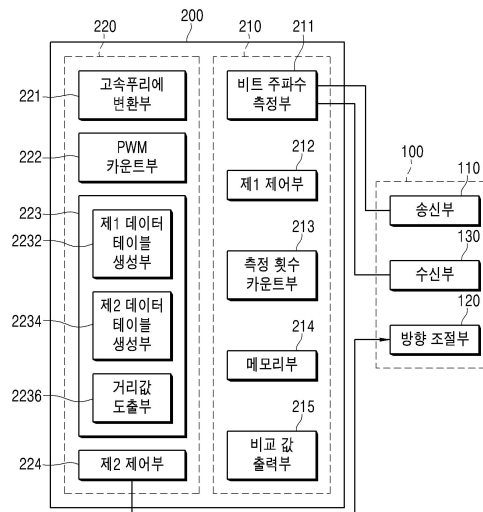
심사관 : 임일순

(54) 발명의 명칭 낮은 소비 전력을 가지는 FMCW 라이다 시스템 및 그 동작 방법

## (57) 요약

본 발명은 매 측정마다 고속푸리에변환 연산을 수행하지 않고, 기준 측정 횟수에 도달 시마다 한 번만 고속푸리에변환 연산을 수행하며, 거리 산출 시 고속푸리에변환 연산으로부터 추출된 주파수 성분들과 각 측정 시마다의 신호 세기 변화에 대한 데이터를 함께 활용하도록 구성하여, 전력 소모를 최소화하면서도 목표하는 성능은 유지 가능하도록 구성된 저전력 FMCW 라이다 시스템 및 그 동작 방법에 관한 것이다.

## 대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01S 7/4911 (2013.01)

G01S 7/4913 (2013.01)

G01S 7/4915 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711126109
과제번호	2018-0-01423-004
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	대학ICT연구센터지원사업
연구과제명	지능형 비행로봇 융합기술 연구
기 여 율	5/10
과제수행기관명	세종대학교 산학협력단
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711108024
과제번호	2020R1A2C1007546
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	실내보안용 초고해상도 지능형 레이더센서 신호처리 연구
기 여 율	4/10
과제수행기관명	세종대학교 산학협력단
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345331679
과제번호	2020R1A6A1A03038540
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	대학중점연구소지원사업
연구과제명	자율지능무인비행체연구소
기 여 율	1/10
과제수행기관명	세종대학교 산학협력단
연구기간	2020.06.01 ~ 2021.02.28

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

소정의 측정 주기 간격으로 변경 설정되는 위치 값에 해당하는 신호 방사 방향으로 레이저 신호를 송신하고, 상기 레이저 신호가 소정의 물체에 충돌하여 반사되어 돌아오는 신호를 수신하는 스캐너 모듈; 및

상기 스캐너 모듈의 송수신 신호로부터 비트 주파수 신호를 측정하고, 상기 측정된 횟수가 소정의 기준 측정 횟수에 도달한 경우마다 상기 기준 측정 횟수 동안에 측정된 비트 주파수 신호들의 합에 대한 고속푸리에변환 연산을 수행하여, 그 연산을 통해 추출되는 주파수 성분들 및 각 신호의 세기 변화에 대한 데이터를 이용하여 각 신호 방사 방향에 해당하는 위치와의 거리를 산출하도록 신호 및 데이터 처리하는 처리 모듈;

상기 처리 모듈은,

상기 스캐너 모듈의 송수신 신호로부터 비트 주파수 신호를 측정하고, 상기 측정되는 비트 주파수 신호를 소정의 기준 측정 횟수 동안 누적 저장하며, 상기 측정 횟수가 상기 기준 측정 횟수에 도달하였는지를 비교하여, 그 비교 결과에 따라 상기 누적된 비트 주파수 신호에 대한 고속푸리에변환 연산이 수행되도록 제어하는 제1 처리 모듈; 및

상기 제1 처리 모듈에서 측정되는 비트 주파수 신호의 세기에 따른 PWM 카운트 값을 카운트하며 상기 비트 주파수 신호를 측정된 횟수가 소정의 기준 측정 횟수에 도달한 경우마다 고속푸리에변환 연산을 통해 주파수 성분들을 얻어, 이들 데이터를 이용하여 각 위치 값에 해당하는 거리를 산출하는 제2 처리 모듈;

을 포함하여 구성되는 저전력 FMCW 라이다 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 스캐너 모듈은,

소정의 측정 주기 간격으로 변경 설정되는 위치 값에 해당하는 신호 방사 방향으로 레이저 신호를 송신하는 송신부;

상기 송신부의 신호 방사 방향을 조절하는 방향 조절부; 및

상기 송신부에서 송신한 레이저 신호가 소정의 물체를 맞고 반사되어 돌아오는 신호를 수신하는 수신부;

를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 저전력 FMCW 라이다 시스템.

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

제2항에 있어서,

상기 제1 처리 모듈은,

상기 송신부의 송신 신호 및 그에 대응하는 상기 수신부의 수신 신호를 수집하여, 상기 송수신 신호로부터 비트 주파수 신호를 측정하는 비트 주파수 측정부;

상기 비트 주파수 측정부에서 측정된 비트 주파수 신호를 메모리부에 저장시키며, 상기 측정된 횟수가 소정의 기준 측정 횟수에 도달하였는지의 여부를 비교하여, 그 비교 결과에 따라 고속푸리에변환부의 작동을 제어하는 제1 제어부;

상기 제1 제어부에서 메모리부에 측정된 비트 주파수 신호를 저장시키는 경우마다 측정 횟수 카운트 값을 증가

시키는 측정 횟수 카운트부;

상기 제1 제어부에 의해, 상기 비트 주파수 측정부에서 측정되는 비트 주파수 신호를 누적하여 저장하는 메모리부;

상기 비트 주파수 측정부에서 측정된 비트 주파수 신호를 소정의 임계 전압 값과 비교하여, 그 비교 결과에 대응하는 비교 값을 출력하는 비교 값 출력부;

를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 저전력 FMCW 라이다 시스템.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 제어부는,

상기 측정된 비트 주파수 신호를 상기 메모리부에 저장시키는 경우마다 측정 횟수 카운트 신호를 출력하고,

상기 비교 결과, 상기 측정 횟수가 상기 기준 측정 횟수에 도달한 경우, 상기 메모리부에 누적 저장된 상기 기준 측정 횟수 동안의 비트 주파수 신호 값을 고속푸리에변환부로 전달하며, 전달 후 기준 횟수 도달 신호를 출력하는 것을 특징으로 하는 저전력 FMCW 라이다 시스템.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 메모리부 및 상기 측정 횟수 카운트부는,

상기 제1 제어부로부터 기준 횟수 도달 신호가 출력되면, 초기 값 0으로 각각 초기화되는 것을 특징으로 하는 저전력 FMCW 라이다 시스템.

#### 청구항 7

제4항에 있어서,

상기 비교 값 출력부는,

상기 비교 결과, 상기 측정된 비트 주파수 신호의 세기가 소정의 상승 임계 전압 값 이상인 경우, 비교 값 1을 출력하고,

상기 측정된 비트 주파수 신호의 세기가 소정의 하강 임계 전압 값 이하이면, 비교 값 0을 출력하는 것을 특징으로 하는 저전력 FMCW 라이다 시스템.

#### 청구항 8

제4항, 제5항 또는 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제2 처리 모듈은,

상기 제1 처리 모듈의 제1 제어부에 의해 상기 메모리부로부터 상기 기준 측정 횟수 동안 누적 저장된 비트 주파수 신호를 전달 받는 경우마다 작동하여, 상기 비트 주파수 신호로부터 주파수 성분들을 추출하는 고속푸리에 변환 연산을 수행하는 고속푸리에변환부;

상기 제1 처리 모듈의 비교 값 출력부로부터 출력되는 비교 값이 0에서 1로 변화하는 경우마다 PWM 카운트 값을 증가시키는 PWM 카운트부;

상기 고속푸리에변환부에서 추출된 주파수 성분들과 상기 기준 측정 횟수 동안 상기 PWM 카운트부로부터 획득된 각 위치 값에서의 PWM 카운트 값을 이용하여, 각 신호 방사 방향에 해당하는 위치와의 거리를 산출하는 거리 산출부;

를 포함하여 구성되며,

상기 PWM 카운트부는,

상기 제1 처리 모듈의 제1 제어부로부터 측정 횟수 카운트 신호가 출력되면, 상기 카운트 된 PWM 카운트 값을

상기 거리 산출부로 전달하고, 전달 후 초기 값 0으로 초기화 하는 것을 특징으로 하는 저전력 FMCW 라이다 시스템.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제2 처리 모듈은,

소정의 측정 주기 간격으로 상기 스캐너 모듈의 방향 조절부 및 거리 산출부로 위치 값을 전달하는 제2 제어부;

를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 저전력 FMCW 라이다 시스템.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 거리 산출부는,

상기 기준 측정 횟수 동안에 해당하는 상기 방향 조절부의 위치 값 및 상기 PWM 카운트로부터 획득된 각 위치 값에서의 PWM 카운트 값을 측정 주기에 따라 매칭하여 순차적으로 정렬한 후, 상기 PWM 카운트 값을 오름차 순으로 재 정렬하여 각 위치 값마다 PWM 카운트 값이 매칭된 제1 데이터 테이블을 생성하는 제1 데이터 테이블 생성부;

상기 고속푸리에변환부로부터 추출된 주파수 성분들을 오름차 순으로 정렬한 후 상기 생성된 제1 데이터 테이블에 병합하여, 각 위치 값마다 PWM 카운트 값 및 주파수 성분이 매칭된 제2 데이터 테이블을 생성하는 제2 데이터 테이블 생성부; 및

상기 제2 데이터 테이블 생성부에서 생성된 제2 데이터 테이블에 포함된 데이터에 기반하여, 각 신호 방사 방향에 해당하는 위치와의 거리 값을 도출하는 거리 값 도출부;

를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 저전력 FMCW 라이다 시스템.

#### 청구항 11

FMCW 라이다 시스템이 저전력으로 동작하는 방법에 있어서,

소정의 측정 주기 간격으로 설정되는 위치 값에 해당하는 신호 방사 방향으로 레이저 신호를 송신하고, 상기 레이저 신호가 소정의 물체를 맞고 반사되어 돌아오는 신호를 수신하여, 상기 송수신 신호로부터 비트 주파수 신호를 측정하는 측정 단계;

상기 측정 단계에서 측정되는 비트 주파수 신호를 누적하여 저장하는 신호 값 저장 단계;

상기 신호 값 저장 단계에서 비트 주파수 신호가 저장되면 측정 횟수 카운트 값을 증가시키는 측정 횟수 카운트 단계;

상기 측정 단계에서 측정된 비트 주파수 신호를 소정의 임계 전압 값과 비교하고, 그 비교 결과에 대응하는 비교 값이 하향에서 상향으로 변화하는 경우마다 해당 비트 주파수 신호에 대한 PWM 카운트 값으로 카운트 하는 PWM 카운트 단계;

상기 PWM 카운트 단계를 통해 상기 측정된 비트 주파수 신호에 해당하는 PWM 카운트 값이 획득되면, 획득된 PWM 카운트 값을 별도로 저장하고 초기 값 0으로 초기화하는 PWM 카운트 값 저장 및 초기화 단계;

상기 측정 횟수 카운트 단계에서 카운트 된 측정 횟수를 소정의 기준 측정 횟수와 비교하여, 상기 측정 횟수가 상기 기준 측정 횟수에 도달하였는지의 여부를 판단하는 기준 횟수 도달 여부 판단 단계;

상기 기준 횟수 도달 여부 판단 단계의 판단 결과, 상기 측정 횟수가 상기 기준 측정 횟수에 도달한 경우, 상기 신호 값 저장 단계를 통해 상기 기준 측정 횟수 동안 누적 저장된 비트 주파수 신호로부터 주파수 성분들을 획득하는 고속푸리에변환 연산을 수행하는 고속푸리에변환 연산 단계;

상기 고속푸리에변환 연산 단계에서 획득된 주파수 성분들과 상기 PWM 카운트 값 저장 및 초기화 단계를 통해 획득된 상기 기준 측정 횟수 동안의 각 위치 값에 해당하는 PWM 카운트 값을 이용하여, 각 신호 방사 방향에 해

당하는 위치와의 거리를 산출하는 거리 산출 단계;  
를 포함하여 구성되는 저전력 FMCW 라이다 시스템의 동작 방법.

#### 청구항 12

제11항에 있어서,  
상기 기준 횡수 도달 여부 판단 단계의 판단 결과, 상기 측정 횡수가 상기 기준 측정 횡수에 도달한 것으로 판단된 경우, 상기 측정 횡수를 초기 값 0으로 초기화하는 측정 횡수 초기화 단계; 를 추가로 수행하는 것을 특징으로 하는 저전력 FMCW 라이다 시스템의 동작 방법.

#### 청구항 13

제11항에 있어서,  
상기 PWM 카운트 단계는,  
상기 측정 단계에서 측정된 비트 주파수 신호를 소정의 상승 임계 전압 값 및 하강 임계 전압 값과 각각 비교하는 신호 세기 비교 단계;  
상기 신호 세기 비교 단계의 비교 결과에 대응하는 비교 값을 출력하는 비교 값 출력 단계;  
상기 비교 값 출력 단계에서 출력되는 비교 값이 하향에서 상향으로 변화하는 경우마다 PWM 카운트 값을 증가시키는 PWM 카운트 값 카운트 단계;  
를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 저전력 FMCW 라이다 시스템의 동작 방법.

#### 청구항 14

제13항에 있어서,  
상기 비교 값 출력 단계는,  
상기 비교 결과, 상기 비트 주파수 신호의 세기가 소정의 상승 임계 전압 값 이상인 경우, 비교 값 1을 출력하고,  
상기 비트 주파수 신호의 세기가 소정의 하강 임계 전압 값 이하이면, 비교 값 0을 출력하는 것을 특징으로 하는 저전력 FMCW 라이다 시스템의 동작 방법.

#### 청구항 15

제11항에 있어서,  
상기 거리 산출 단계는,  
상기 기준 측정 횡수 동안 획득된 PWM 카운트 값들을 오름차 순으로 정렬하여 각 위치 값마다 PWM 카운트 값이 매칭된 제1 데이터 테이블을 생성하는 제1 데이터 테이블 생성 단계;  
상기 고속푸리에변환 연산 단계에서 획득된 상기 주파수 성분들을 오름차 순으로 정렬한 후 상기 생성된 제1 데이터 테이블에 병합하여, 각 위치 값에 PWM 카운트 값 및 주파수 성분이 매칭된 제2 데이터 테이블을 생성하는 제2 데이터 테이블 생성 단계; 및  
상기 생성된 제2 데이터 테이블에 포함된 데이터를 이용하여, 각 신호 방사 방향에 해당하는 위치와의 거리를 도출하는 거리 값 도출 단계;  
를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 저전력 FMCW 라이다 시스템의 동작 방법.

### 발명의 설명

### 기술 분야

본 발명은 FMCW 라이다 시스템 및 그 동작 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 전력소모를 최소화 하도록 구성된 FMCW 라이다 시스템 및 그 동작 방법에 관한 것이다.

[0001]

## 배경 기술

- [0002] Lidar(이하, 라이다라고 함)는 레이저를 사용하여 물체와 라이다 사이의 거리를 측정하는 장치이다. 라이다는 빛을 사용하는 레이저를 송수신 신호로 사용하기 때문에 레이더(Radar)보다 더 빠른 응답속도를 가지고 있다. 라이다 방식 중 FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) 방식은 주파수 변조 연속파로 시간에 따라 주파수를 변화시킨 신호를 송신하는 방법이다.
- [0003] FMCW 라이다 방식은 측정을 수행한 이후 FFT 모듈을 사용하여 송신 신호와 상기 송신 신호가 물체에 충돌 후 되돌아오는 수신 신호의 주파수 차인 비트 주파수 신호의 정보를 통하여 물체와 라이다 사이의 거리를 추출한다.
- [0004] 그러나, 이러한 방식은 매 측정마다, 즉 스캐너의 방향을 변화시키는 경우마다 거리를 추출하기 위한 신호처리와 데이터 프로세싱 수행을 위해 FFT 모듈을 작동시켜야 하기 때문에 FFT 모듈 구동이 소비 전력의 상당 부분을 차지하게 되는 문제가 있다. 이러한 문제는, 특히 라이다가 드론과 같이 배터리로 작동되는 무인항공체에 사용되는 경우, FFT 모듈 구동이 차지하는 소비 전력이 전자장치의 전력소모로 이어져 제공시간을 늘리는 데에 어려움이 존재했다. 또한, 신속한 장애물 회피를 위해서는 신속한 장애물 탐지를 필요로 하는데, 이를 위해 라이다의 샘플링 속도를 높이면 이로 인해 소비 전력이 증가되는 기술적 어려움이 발생하게 된다.
- [0005] 따라서, 라이다 시스템의 전력소모를 최소화하는 것과 동시에 목표하는 성능을 유지할 수 있도록 하는 기술이 요구된다.
- [0006] (특허문헌 1) KR 10-2259887 B1

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 상술한 문제를 해결하기 위한 것으로서, 매 측정마다 FFT 모듈을 작동시키지 않아 전력 소모를 최소화 하면서도 목표하는 성능은 유지할 수 있는 FMCW 라이다 시스템 및 그 동작 방법을 제공하고자 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명에 따른 저전력 FMCW 라이다 시스템은, 소정의 측정 주기 간격으로 변경 설정되는 위치 값에 해당하는 신호 방사 방향으로 레이저 신호를 송신하고, 상기 레이저 신호가 소정의 물체에 충돌하여 반사되어 돌아오는 신호를 수신하는 스캐너 모듈; 및 상기 스캐너 모듈의 송수신 신호로부터 비트 주파수 신호를 측정하고, 상기 측정된 횟수가 소정의 기준 측정 횟수에 도달한 경우마다 상기 기준 측정 횟수 동안에 측정된 비트 주파수 신호들의 합에 대한 고속푸리에변환 연산을 수행하여, 그 연산을 통해 추출되는 주파수 성분들 및 각 신호의 세기 변화에 대한 데이터를 이용하여 각 신호 방사 방향에 해당하는 위치와의 거리를 산출하도록 신호 및 데이터 처리하는 처리 모듈; 을 포함하여 구성된다.
- [0009] 보다 구체적으로, 상기 스캐너 모듈은, 소정의 측정 주기 간격으로 변경 설정되는 위치 값에 해당하는 신호 방사 방향으로 레이저 신호를 송신하는 송신부; 상기 송신부의 신호 방사 방향을 조절하는 방향 조절부; 및 상기 송신부에서 송신한 레이저 신호가 소정의 물체를 맞고 반사되어 돌아오는 신호를 수신하는 수신부; 를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0010] 한편, 상기 처리 모듈은, 상기 스캐너 모듈의 송수신 신호로부터 비트 주파수 신호를 측정하고, 상기 측정되는 비트 주파수 신호를 소정의 기준 측정 횟수 동안 누적 저장하며, 상기 측정 횟수가 상기 기준 측정 횟수에 도달하였는지를 비교하여, 그 비교 결과에 따라 상기 누적된 비트 주파수 신호에 대한 고속푸리에변환 연산이 수행되도록 제어하는 제1 처리 모듈; 및 상기 제1 처리 모듈에서 측정되는 비트 주파수 신호의 세기에 따른 PWM 카운트 값을 카운트하며 상기 비트 주파수 신호를 측정한 횟수가 소정의 기준 측정 횟수에 도달한 경우마다 고속푸리에변환 연산을 통해 주파수 성분들을 얻어, 이들 데이터를 이용하여 각 위치 값에 해당하는 거리를 산출하는 제2 처리 모듈; 을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 구체적으로, 상기 제1 처리 모듈은, 상기 송신부의 송신 신호 및 그에 대응하는 상기 수신부의 수신 신호를 수집하여, 상기 송수신 신호로부터 비트 주파수 신호를 측정하는 비트 주파수 측정부; 상기 비트 주파수 측정부에서 측정된 비트 주파수 신호를 메모리부에 저장시키며, 상기 측정된 횟수가 소정의 기준 측정 횟수에 도달하였는지의 여부를 비교하여, 그 비교 결과에 따라 고속푸리에변환부의 작동을 제어하는 제1 제어부; 상기 제1 제어부에서 메모리부에 측정된 비트 주파수 신호를 저장시키는 경우마다 측정 횟수 카운트 값을 증가시키는 측정 횟

수 카운트부; 상기 제1 제어부에 의해, 상기 비트 주파수 측정부에서 측정되는 비트 주파수 신호를 누적하여 저장하는 메모리부; 상기 비트 주파수 측정부에서 측정된 비트 주파수 신호를 소정의 임계 전압 값과 비교하여, 그 비교 결과에 대응하는 비교 값을 출력하는 비교 값 출력부; 를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0012] 여기서, 상기 제1 제어부는, 상기 측정된 비트 주파수 신호를 상기 메모리부에 저장시키는 경우마다 측정 횟수 카운트 신호를 출력하고, 상기 비교 결과, 상기 측정 횟수가 상기 기준 측정 횟수에 도달한 경우, 상기 메모리부에 누적 저장된 상기 기준 측정 횟수 동안의 비트 주파수 신호 값을 고속푸리에변환부로 전달하며, 전달 후 기준 횟수 도달 신호를 출력하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 한편, 상기 메모리부 및 상기 측정 횟수 카운트부는, 상기 제1 제어부로부터 기준 횟수 도달 신호가 출력되면, 초기 값 0으로 각각 초기화되는 것을 특징으로 한다.

[0014] 한편, 상기 비교 값 출력부는, 상기 비교 결과, 상기 측정된 비트 주파수 신호의 세기가 소정의 상승 임계 전압 값 이상인 경우, 비교 값 1을 출력하고, 상기 측정된 비트 주파수 신호의 세기가 소정의 하강 임계 전압 값 이하이면, 비교 값 0을 출력하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 한편, 상기 제2 처리 모듈은, 상기 제1 처리 모듈의 제1 제어부에 의해 상기 메모리부로부터 상기 기준 측정 횟수 동안 누적 저장된 비트 주파수 신호를 전달 받는 경우마다 작동하여, 상기 비트 주파수 신호로부터 주파수 성분들을 추출하는 고속푸리에변환 연산을 수행하는 고속푸리에변환부; 상기 제1 처리 모듈의 비교 값 출력부로부터 출력되는 비교 값이 0에서 1로 변화하는 경우마다 PWM 카운트 값을 증가시키는 PWM 카운트부; 상기 고속푸리에변환 연산부에서 추출된 주파수 성분들과 상기 기준 측정 횟수 동안 상기 PWM 카운트부로부터 획득된 각 위치 값에서의 PWM 카운트 값을 이용하여, 각 신호 방사 방향에 해당하는 위치와의 거리를 산출하는 거리 산출부; 를 포함하여 구성되며, 상기 PWM 카운트부는, 상기 제1 처리 모듈의 제1 제어부로부터 측정 횟수 카운트 신호가 출력되면, 상기 카운트 된 PWM 카운트 값을 상기 거리 산출부로 전달하고, 전달 후 초기 값 0으로 초기화 하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 상기 거리 산출부는, 상기 기준 측정 횟수 동안에 해당하는 상기 방향 조절부의 위치 값 및 상기 PWM 카운트부로부터 획득된 각 위치 값에서의 PWM 카운트 값을 측정 주기에 따라 매칭하여 순차적으로 정렬한 후, 상기 PWM 카운트 값을 오름차 순으로 재 정렬하여 각 위치 값마다 PWM 카운트 값이 매칭된 제1 데이터 테이블을 생성하는 제1 데이터 테이블 생성부; 상기 고속푸리에변환부로부터 추출된 주파수 성분들을 오름차 순으로 정렬한 후 상기 생성된 제1 데이터 테이블에 병합하여, 각 위치 값마다 PWM 카운트 값 및 주파수 성분이 매칭된 제2 데이터 테이블을 생성하는 제2 데이터 테이블 생성부; 및 상기 제2 데이터 테이블 생성부에서 생성된 제2 데이터 테이블에 포함된 데이터에 기반하여, 각 신호 방사 방향에 해당하는 위치와의 거리 값을 도출하는 거리 값 도출부; 를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0017] 한편, 상기 제2 처리 모듈은, 소정의 측정 주기 간격으로 상기 스캐너 모듈의 방향 조절부 및 거리 산출부로 위치 값을 전달하는 제2 제어부; 를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0018] 본 발명에 따른 FMCW 라이다 시스템이 저전력으로 동작하는 방법은, 소정의 측정 주기 간격으로 설정되는 위치 값에 해당하는 신호 방사 방향으로 레이저 신호를 송신하고, 상기 레이저 신호가 소정의 물체를 맞고 반사되어 돌아오는 신호를 수신하여, 상기 송수신 신호로부터 비트 주파수 신호를 측정하는 측정 단계; 상기 측정 단계에서 측정되는 비트 주파수 신호를 누적하여 저장하는 신호 값 저장 단계; 상기 신호 값 저장 단계에서 비트 주파수 신호가 저장되면 측정 횟수 카운트 값을 증가시키는 측정 횟수 카운트 단계; 상기 측정 단계에서 측정된 비트 주파수 신호를 소정의 임계 전압 값과 비교하고, 그 비교 결과에 대응하는 비교 값이 하향에서 상향으로 변화하는 경우마다 해당 비트 주파수 신호에 대한 PWM 카운트 값으로 카운트 하는 PWM 카운트 단계; 상기 PWM 카운트 단계를 통해 상기 측정된 비트 주파수 신호에 해당하는 PWM 카운트 값이 획득되면, 획득된 PWM 카운트 값을 별도로 저장하고 초기 값 0으로 초기화하는 PWM 카운트 값 저장 및 초기화 단계; 상기 측정 횟수 카운트 단계에서 카운트 된 측정 횟수를 소정의 기준 측정 횟수와 비교하여, 상기 측정 횟수가 상기 기준 측정 횟수에 도달하였는지의 여부를 판단하는 기준 횟수 도달 여부 판단 단계; 상기 기준 횟수 도달 여부 판단 단계의 판단 결과, 상기 측정 횟수가 상기 기준 측정 횟수에 도달한 경우, 상기 신호 값 저장 단계를 통해 상기 기준 측정 횟수 동안 누적 저장된 비트 주파수 신호로부터 주파수 성분들을 획득하는 고속푸리에변환 연산을 수행하는 고속 푸리에변환 연산 단계; 상기 고속푸리에변환 연산 단계에서 획득된 주파수 성분들과 상기 PWM 카운트 값 저장 및 초기화 단계를 통해 획득된 상기 기준 측정 횟수 동안의 각 위치 값에 해당하는 PWM 카운트 값을 이용하여, 각 신호 방사 방향에 해당하는 위치와의 거리를 산출하는 거리 산출 단계; 를 포함하여 구성된다.



- [0019] 여기서, 상기 기준 횡수 도달 여부 판단 단계의 판단 결과, 상기 측정 횡수가 상기 기준 측정 횡수에 도달한 것으로 판단된 경우, 상기 측정 횡수를 초기 값 0으로 초기화하는 측정 횡수 초기화 단계; 를 추가로 수행하는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 한편, 상기 PWM 카운트 단계는, 상기 측정 단계에서 측정된 비트 주파수 신호를 소정의 상승 임계 전압 값 및 하강 임계 전압 값과 각각 비교하는 신호 세기 비교 단계; 상기 신호 세기 비교 단계의 비교 결과에 대응하는 비교 값을 출력하는 비교 값 출력 단계; 상기 비교 값 출력 단계에서 출력되는 비교 값이 하향에서 상향으로 변화하는 경우마다 PWM 카운트 값을 증가시키는 PWM 카운트 값 카운트 단계; 를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 한편, 상기 비교 값 출력 단계는, 상기 비교 결과, 상기 비트 주파수 신호의 세기가 소정의 상승 임계 전압 값 이상인 경우, 비교 값 1을 출력하고, 상기 비트 주파수 신호의 세기가 소정의 하강 임계 전압 값 이하이면, 비교 값 0을 출력하는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 한편, 상기 거리 산출 단계는, 상기 기준 측정 횡수 동안 획득된 PWM 카운트 값들을 오름차 순으로 정렬하여 각 위치 값마다 PWM 카운트 값이 매칭된 제1 데이터 테이블을 생성하는 제1 데이터 테이블 생성 단계; 상기 고속푸리에변환 연산 단계에서 획득된 상기 주파수 성분들을 오름차 순으로 정렬한 후 상기 생성된 제1 데이터 테이블에 병합하여, 각 위치 값에 PWM 카운트 값 및 주파수 성분이 매칭된 제2 데이터 테이블을 생성하는 제2 데이터 테이블 생성 단계; 및 상기 생성된 제2 데이터 테이블에 포함된 데이터를 이용하여, 각 신호 방사 방향에 해당하는 위치와의 거리를 도출하는 거리 값 도출 단계; 를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

### 발명의 효과

- [0023] 본 발명은 라이더의 매 측정마다 FFT 모듈을 작동시키지 않고, 기준 측정 횡수(N) 도달 시마다 작동시킴으로써, 기존에 비해 FFT 모듈 구동으로 인한 소비 전력을 낮추는 효과가 있다.
- [0024] 이러한 효과는 드론과 같은 무인항공체의 향상된 제공시간을 확보할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 본 발명에 따른 FMCW 라이더 시스템의 전체적인 구성을 나타내는 도면이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 FMCW 라이더 시스템이 동작하는 흐름을 나타내는 도면이다.
- 도 3은 기준 측정 횡수(N)의 변화에 따른 시스템 성능을 보여주는 시뮬레이션 결과 표이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 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.
- [0027] 이하, 도면을 참조하여 본 발명에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0028] 1. 본 발명에 따른 FMCW 라이더 시스템
- [0029] 도 1은 본 발명에 따른 FMCW 라이더 시스템의 전체적인 구성을 나타내는 도면이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 시스템은 크게 스캐너 모듈(100), 제1 처리 모듈(210) 및 제2 처리 모듈(220)을 포함하는 처리 모듈(200)을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0030] 1.1. 스캐너 모듈(100)
- [0031] 스캐너 모듈(100)은, 소정의 측정 주기 간격으로 변경 설정되는 위치 값에 해당하는 신호 방사 방향으로 레이저 신호를 송신하고, 상기 레이저 신호가 소정의 물체와 충돌하여 반사되어 돌아오는 신호를 수신하는 구성이다. 이러한 스캐너 모듈(100)은, 아래와 같은 세부 구성을 포함할 수 있다.
- [0032] 1.1.1. 송신부(110)
- [0033] 송신부(110)는, 후술하는 방향 조절부(120)에 의해 소정의 측정 주기 간격으로 변경 설정되는 위치 값에 해당하

는 신호 방사 방향으로 레이저 신호를 송신하는 구성이다.

[0034] 1.1.2. 방향 조절부(120)

[0035] 방향 조절부(120)는, 상기 송신부(110)의 신호 방사 방향을 조절하는 구성이다. 보다 구체적으로, 후술하는 신호 처리 모듈(200)의 제2 처리 모듈(210)로부터 소정의 측정 주기 간격으로 전달되는 위치 값에 따라 송신부(110)의 신호 방사 방향을 설정/조절할 수 있다.

[0036] 이러한 방향 조절부(120)는, 예를 들어 차량용 라이다 시스템인 경우, 액추에이터일 수 있다.

[0037] 1.1.3. 수신부(130)

[0038] 수신부(130)는, 상기 송신부(110)에서 송신한 레이저 신호가 소정의 물체를 맞고 반사되어 돌아오는 신호를 수신하는 구성이다.

[0039] 1.2. 처리 모듈(200)

[0040] 처리 모듈(200)은, 상기 스캐너 모듈(100)의 송수신 신호로부터 비트 주파수 신호를 측정하고, 상기 측정된 비트 주파수 신호의 세기가 하향에서 상향으로 변화하는 경우를 카운트 하며, 상기 측정된 횟수가 소정의 기준 측정 횟수에 도달하는 경우마다 상기 기준 측정 횟수 동안에 측정된 비트 주파수 신호들의 합에 대한 고속푸리에 변환 연산을 수행하여, 그 연산을 통해 추출되는 주파수 성분들과 상기 카운트 된 값을 이용하여 각 신호 방사 방향에 해당하는 위치와의 거리를 산출하도록 신호 및 데이터 처리하는 구성이다.

[0041] 처리 모듈(200)은, 제1 처리 모듈(210)과 제2 처리 모듈(220)을 포함하여 구성될 수 있다.

[0042] 1.2.1. 제1 처리 모듈(210)

[0043] 제1 처리 모듈(210)은, 상기 스캐너 모듈(100)의 송수신 신호로부터 비트 주파수 신호를 측정하고, 상기 측정되는 비트 주파수 신호를 소정의 기준 측정 횟수 동안 누적 저장하며, 상기 측정 횟수가 상기 기준 측정 횟수에 도달하였는지를 비교하여, 그 비교 결과에 따라 상기 누적된 비트 주파수 신호에 대한 고속 푸리에 변환 연산이 수행되도록 제어하는 구성으로서, 아래와 같은 세부 구성을 포함하여 구성될 수 있다.

[0044] 가. 비트 주파수 측정부(211)

[0045] 비트 주파수 측정부(211)는, 상기 송신부(110)의 송신 신호 및 그에 대응하는 상기 수신부(130)의 수신 신호를 수집하여, 상기 송수신 신호로부터 비트 주파수(Beat-Frequency) 신호를 측정할 수 있다.

[0046] 나. 제1 제어부(212)

[0047] 제1 제어부(212)는, 상기 비트 주파수 측정부(211)에서 측정되는 비트 주파수 신호를 후술하는 메모리부(214)에 저장시킨다. 이 때, 측정된 비트 주파수 신호를 메모리부(214)에 저장시키는 경우마다 이를 나타내는 측정 횟수 카운트 신호를 출력할 수 있다.

[0048] 또한, 상기 비트 주파수 측정부(211)에서 비트 주파수 신호를 측정한 횟수가 소정의 기준 측정 횟수(N)에 도달하였는지의 여부를 비교하여, 그 비교 결과에 따라 후술하는 고속푸리에변환부(221)의 작동을 제어할 수 있다.

[0049] 구체적으로, 상기 비교 결과, 상기 측정 횟수가 소정의 기준 측정 횟수(N)에 도달한 경우, 현재 측정 횟수, 즉 기준 측정 횟수(N) 동안 메모리부(214)에 누적 저장된 비트 주파수 신호 값을 제2 처리 모듈(220)의 고속푸리에 변환부(221)로 전달하여 고속푸리에변환 연산을 수행하도록 제어할 수 있다.

[0050] 한편, 전달 후 상기 메모리부(214)와 측정 횟수 카운트부(213)를 각각 초기 값 0으로 초기화 시킬 수 있다. 초기화 시키는 것은, 예를 들어 기준 횟수 도달 신호를 출력하면 측정 횟수 카운트부(213)와 메모리부(214)에서 그 출력을 감지하여 초기화하는 형태로 구현될 수 있다.

[0051] 여기서, 비트 주파수 신호의 측정 횟수는, 후술하는 측정 횟수 카운트부(213)에서 카운트 된 값으로부터 알 수 있다.

[0052] 다. 측정 횟수 카운트부(213)

[0053] 측정 횟수 카운트부(213)는, 상기 제1 제어부(212)로부터 측정 횟수 카운트 신호가 출력되는 것을 감지하여, 감지된 경우마다 측정 횟수 카운트 값을 1 증가시킨다.

[0054] 한편, 측정 횟수 카운트부(213)는, 상기 제1 제어부(212)로부터 현재 측정 횟수가 상기 기준 측정 횟수(N)에 도

달하였음을 알리는 기준 횃수 도달 신호가 출력되면, 현재 측정 주기까지 측정된 카운트 값을 초기 값 0으로 초기화 한다.

[0055] 라. 메모리부(214)

[0056] 메모리부(214)는, 상기 제1 제어부(212)에 의해 상기 비트 주파수 측정부(211)에서 측정되는 비트 주파수 신호를 누적하여 저장한다. 이 때, 상기 제1 제어부(212)로부터 측정 횃수가 상기 기준 측정 횃수(N)에 도달하였음을 알리는 기준 횃수 도달 신호가 출력되면, 현재 측정 횃수, 즉 기준 측정 횃수(N) 동안 누적 저장된 비트 주파수 신호를 초기 값 0으로 초기화 한다.

[0057] 마. 비교 값 출력부(215)

[0058] 비교 값 출력부(215)는, 상기 비트 주파수 측정부(211)에서 측정된 비트 주파수 신호를 소정의 임계 전압 값과 비교하여, 그 비교 결과에 대응하는 비교 값을 출력하는 구성이다.

[0059] 비교 결과, 비트 주파수 신호의 세기가 소정의 상승 임계 전압 값 이상인 경우, 비교 값 1을 출력할 수 있다.

[0060] 한편, 비교 결과, 비트 주파수 신호의 세기가 소정의 하강 임계 전압 값 이하이면, 비교 값 0을 출력할 수 있다.

[0061] 한편, 상기과 같이 구성되는 제1 처리 모듈(210)은, 아날로그 프런트 엔드(Analog front-end, AFE)로 구현될 수 있다.

[0062] 1.2.2. 제2 처리 모듈(220)

[0063] 제2 처리 모듈(220)은, 상기 제1 처리 모듈(210)에서 측정되는 비트 주파수 신호의 세기에 따른 PWM 카운트 값을 카운트하며 상기 비트 주파수 신호를 측정한 횃수가 소정의 기준 측정 횃수에 도달한 경우마다 고속푸리에변환 연산을 통해 주파수 성분들을 얻어, 이들 데이터를 이용하여 각 위치 값에 해당하는 거리를 산출하는 구성으로서, 아래와 같은 세부 구성을 포함하여 구성될 수 있다.

[0064] 가. 고속푸리에변환부(221)

[0065] 고속푸리에변환부(221)는, 상기 제1 처리 모듈(210)의 제1 제어부(212)에 의해 작동이 제어될 수 있다. 보다 구체적으로는, 앞서 설명한 것과 같이 측정 횃수가 기준 측정 횃수(N)에 도달함에 따라 제1 제어부(212)에 의해 메모리부(214)로부터 상기 기준 측정 횃수 동안 누적 저장된 비트 주파수 신호를 전달 받는 경우마다 작동하여, 상기 비트 주파수 신호로부터 주파수 성분들을 추출하는 고속 푸리에 변환 연산을 수행할 수 있다.

[0066] 여기서, 상기 비트 주파수 신호는 기준 측정 횃수 동안 측정된 비트 주파수 신호가 하나의 신호로 누적된 값으로, 이로부터 고속 푸리에 변환 연산을 통해 추출되는 주파수 성분들은, 기준 측정 횃수와 동일한 수의 주파수 성분이 추출된다.

[0067] 종래에는 매 측정마다 고속 푸리에 변환 연산을 하는 방식이었던 것에 비해, 본 발명은 여러 횃수 동안 측정된 비트 주파수 신호를 하나의 신호로 누적하여, 누적된 비트 주파수 신호에 대해 고속 푸리에 변환 연산을 한번 수행하도록 구성하여, 고속 푸리에 변환 연산으로 인한 전력소모를 줄이고자 하는 것이다.

[0068] 이와 같은 고속푸리에변환부(221)에서 비트 주파수 신호로부터 주파수 성분을 추출하는 것은, 공지 기술을 사용한다.

[0069] 나. PWM 카운트부(222)

[0070] PWM 카운트부(222)는, 상기 제1 처리 모듈(210)의 비교 값 출력부(215)로부터 출력되는 비교 값이 0에서 1로 변화하는 것을 감지하여, 감지된 경우 PWM 카운트 값을 증가시킨다.

[0071] 즉, 한 신호 방사 방향에서 측정된 비트 주파수 신호의 세기가 하향에서 상향으로 변화하는 경우를 PWM 카운트 값으로 카운트 하는 것이다.

[0072] 한편, PWM 카운트부(222)는, 상기 제1 처리 모듈(210)의 제1 제어부(212)로부터 측정 횃수 카운트 신호가 출력되면, 하나의 신호 방사 방향에 대한 비트 주파수 신호 측정이 완료된 것으로 인식하고, 다른 신호 방사 방향에 대한 PWM 카운트 값을 카운트 하기 위해, 현재 측정 주기에서 카운트 된 PWM 카운트 값을 후술하는 거리 산출부(223)로 전달한 후, 초기 값 0으로 초기화 할 수 있다.

[0073] 다. 거리 산출부(223)

[0074] 거리 산출부(223)는, 상기 고속푸리에변환부(221)로부터 상기 기준 측정 횟수 동안의 비트 주파수 신호로부터 주파수 성분들이 추출되면, 상기 추출된 주파수 성분들과 상기 기준 측정 횟수 동안 PWM 카운트(222)부로부터 획득된 각 신호 방사 방향에서의 PWM 카운트 값을 이용하여 각 신호 방사 방향에 해당하는 위치와의 거리를 산출하도록 구성된다.

[0075] 1) 제1 데이터 테이블 생성부(2232)

[0076] 제1 데이터 테이블 생성부(2232)는, 후술하는 제2 제어부(224)로부터 전달 받은 위치 값과 상기 PWM 카운트부(222)로부터 획득되는 각 위치 값에 대한 PWM 카운트 값을 측정 주기에 따라 매칭하여 순차적으로 정렬한 후, 상기 PWM 카운트 값을 오름차순으로 재 정렬하여 각 위치 값마다 PWM 카운트 값이 매칭된 제1 데이터 테이블을 생성한다.

[0077] 이와 같이 생성되는 제1 데이터 테이블은, 예를 들어 아래의 표와 같은 형태를 가질 수 있다.

표 1

측정 횟수/주기	X	Y	PWM 카운트 값
첫째 측정	1.1	2.2	12
둘째 측정	1.2	2.2	25
셋째 측정	1.3	2.4	60
N째 측정 (N = 기준 측정 횟수)	1.5	2.5	80

[0079] 2) 제2 데이터 테이블 생성부(2234)

[0080] 제2 데이터 테이블 생성부(2234)는, 상기 고속푸리에변환부(221)로부터 추출된 주파수 성분들을 오름차순으로 정렬한 후, 이를 상기 제1 데이터 테이블(2234)에서 생성된 제1 데이터 테이블에 병합하여, 각 위치 값마다 PWM 카운트 값 및 주파수 성분이 매칭된 제2 데이터 테이블을 생성한다.

[0081] 이와 같이 생성되는 제2 데이터 테이블은, 예를 들어 아래의 표와 같은 형태를 가질 수 있다.

표 2

측정 횟수/주기	X	Y	PWM 카운트 값	주파수 성분
첫째 측정	1.1	2.2	12	10Hz
둘째 측정	1.2	2.2	25	20Hzx
셋째 측정	1.3	2.4	60	50Hzx
N째 측정 (N = 기준 측정 횟수)	1.5	2.5	80	80Hzx

[0083] 3) 거리 값 도출부(2236)

[0084] 거리 산출부(2236)는, 상기 제2 데이터 테이블 생성부(2234)에서 생성된 제2 데이터 테이블에 포함된 데이터에 기반하여, 각 신호 방사 방향에 해당하는 위치와의 거리를 도출할 수 있다.

[0085] 보다 구체적으로는, 공지된 FMCW 공식에 의거하여 각 주파수 성분에 해당하는 거리정보로 변환을 수행함으로써 각 신호 방사 방향에 해당하는 위치(X, Y)와의 거리를 도출해낼 수 있다.

[0086] 라. 제2 제어부(224)

[0087] 제2 제어부(224)는, 소정의 측정 주기 간격으로 상기 스캐너 모듈(100)의 방향 조절부(120)로 제어하고자 하는 위치 값을 전달할 수 있다.

[0088] 또한, 제2 제어부(224)는, 소정의 측정 주기 간격으로 상기 거리 산출부(223)로 방향 조절부(120)의 위치 값을 전달할 수 있다.

[0089] 이 때, 위치 값은 (X, Y)와 같은 좌표 형태일 수 있다. 예를 들어, (1.1,2.2), (1.2,2.2), (1.3,2.4), (1.5,2.5)와 같은 각 위치 값을 소정의 측정 주기 간격으로 순차적으로 전달하여 방향 조절부(120)가 송신부(110)의 신호 방사 방향을 순차적으로 조절할 수 있도록 제어할 수 있다.

- [0090] 한편, 상기와 같이 구성되는 제2 처리 모듈(220)은 디지털 신호 처리 장치(digital signal processor, DSP)로 구현될 수 있다.
- [0091] 2. 본 발명에 따른 FMCW 라이다 시스템의 동작 방법
- [0092] 도 2는 본 발명에 따른 FMCW 라이다 시스템이 동작하는 흐름을 나타내는 도면이다. 도 2를 참조하면, 본 발명의 방법은 하기와 같은 단계를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0093] 2.1. 측정 단계(S100)
- [0094] 측정 단계(S100)는, 소정의 측정 주기 간격으로 설정되는 위치 값에 해당하는 신호 방사 방향으로 레이저 신호를 송신하고, 상기 레이저 신호가 소정의 물체를 맞고 반사되어 돌아오는 신호를 수신하여, 상기 송수신 신호로부터 비트 주파수 신호를 측정하는 단계이다.
- [0095] 2.2. 신호 값 저장 단계(S200)
- [0096] 신호 값 저장 단계(S200)는, 상기 측정 단계(S100)에서 측정되는 비트 주파수 신호를 누적하여 저장하는 단계이다. 이는 앞서 설명한 제1 처리 모듈(210)의 제1 제어부(212)에 의해 메모리부(214)에 누적 저장될 수 있다.
- [0097] 여기서, 메모리부(214)의 초기 값은 0이다. 이에 따라, 첫번째 측정 주기(n)에서 측정된 비트 주파수 신호를 저장하는 경우, 메모리부(214)의 저장 값은 상기 측정된 비트 주파수 신호이다. 두번째 측정 주기(n+1)에서 측정된 비트 주파수 신호를 저장하면, 메모리부(214)의 저장 값은 이미 저장되어 있는 첫번째 측정 주기(n)의 비트 주파수 신호와 현재 측정 주기(n+1)에서 측정된 비트 주파수 신호를 합한 값이 된다.
- [0098] 2.3. 측정 횟수 카운트 단계(S300)
- [0099] 측정 횟수 카운트 단계(S300)는, 상기 신호 값 저장 단계(S200)에서 비트 주파수 신호가 저장되면, 측정 횟수 카운트 값을 증가시킨다.
- [0100] 예를 들어, 첫번째 측정 주기(n)에서 측정된 비트 주파수 신호가 저장되면, 측정 횟수 카운트 값은 1이 되고, 두번째 주기(n+1)에서 측정된 비트 주파수 신호가 저장되면, 측정 횟수 카운트 값은 1에서 1을 증가시킨 2가 되는 것이다.
- [0101] 2.4. PWM 카운트 단계(S400)
- [0102] PWM 카운트 단계(S400)는, 상기 측정 단계(S100)에서 측정된 비트 주파수 신호를 소정의 임계 전압 값과 비교하여, 그 비교 결과에 대응하는 비교 값이 하향에서 상향으로 변화되는 경우마다 해당 비트 주파수 신호에 대한 PWM 카운트 값으로 카운트 할 수 있다. 이와 같은 단계는, 아래의 세부 단계를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0103] 가. 신호 세기 비교 단계(S410)
- [0104] 신호 세기 비교 단계(S410)는, 상기 측정 단계(S100)에서 측정된 비트 주파수 신호를 소정의 상승 임계 전압 값 및 하강 임계 전압 값과 각각 비교한다.
- [0105] 나. 비교 값 출력 단계(S420)
- [0106] 비교 값 출력 단계(S420)는, 상기 신호 세기 비교 단계(S410)의 비교 결과에 대응하는 비교 값을 출력한다.
- [0107] 비교 결과, 상기 비트 주파수 신호의 세기가 소정의 상승 임계 전압 값 이상인 경우, 비교 값 1을 출력할 수 있다.
- [0108] 한편, 비교 결과, 상기 비트 주파수 신호의 세기가 소정의 하강 임계 전압 값 이하이면, 비교 값 0을 출력할 수 있다.
- [0109] 다. PWM 카운트 값 카운트 단계(S430)
- [0110] PWM 카운트 값 카운트 단계(S430)는, 상기 비교 값 출력 단계(S420)에서 출력되는 비교 값이 0에서 1로 변화하는 경우를 감지하여, 감지된 경우마다 해당 신호 방사 방향에 대한 PWM 카운트 값을 증가시킨다.
- [0111] 예를 들어, 상기 비교 값 출력 단계(S420)에서 출력된 비교 값이 0에서 1로 상향 변화된 경우가 12번으로 감지된 경우이면, 해당 신호 방사 방향에 대한 PWM 카운트 값은 12로 카운트 되는 것이다.
- [0112] 2.5. PWM 카운트 값 저장 및 초기화 단계(S500)



- [0113] PWM 카운트 단계(S400)를 통해 상기 측정된 비트 주파수 신호에 해당하는 PWM 카운트 값이 획득되면, 획득된 PWM 카운트 값을 별도 저장하고 초기 값 0으로 초기화 하는 PWM 카운트 값 저장 및 초기화 단계(S500)가 이루어질 수 있다.
- [0114] 획득되는 PWM 카운트 값을 별도 저장하는 것은, 후술하는 거리 산출 단계(S800)에서 각 신호 방사 방향에 해당하는 위치와의 거리 산출 시 이용하기 위함이고, 카운트 값을 초기화 하는 것은, 다음 측정 주기에서의 신호 방사 방향에 대한 PWM 카운트 값을 카운트 하기 위함이다.
- [0115] 여기서, PWM 카운트 값을 별도 저장한다는 것은, 앞서 설명한 PWM 카운트부(222)에서 거리 산출부(223)로 전달하는 것을 의미한다.
- [0116] 2.6. 기준 횡수 도달 여부 판단 단계(S600)
- [0117] 기준 횡수 도달 여부 판단 단계(S600)는, 상기 측정 횡수 카운트 단계(S300)에서 카운트 된 측정 횡수를 소정의 기준 측정 횡수(N)와 비교하여, 상기 기준 측정 횡수(N)에 도달하였는지의 여부를 판단하는 단계이다.
- [0118] 2.7. 고속푸리에변환 연산 단계(S700)
- [0119] 고속푸리에변환 연산 단계(700)는, 상기 기준 횡수 도달 여부 판단 단계(S600)의 판단 결과, 상기 카운트 된 측정 횡수가 상기 기준 측정 횡수(N)에 도달한 것으로 판단된 경우 수행된다.
- [0120] 보다 구체적으로, 상기 측정 횡수가 기준 측정 횡수(N)에 도달한 경우, 상기 신호 값 저장 단계(S200)를 통해 상기 기준 측정 횡수(N) 동안 누적 저장된 비트 주파수 신호로부터 주파수 성분들을 획득하는 고속푸리에변환 연산을 수행할 수 있다.
- [0121] 한편, 상기 기준 횡수 도달 여부 판단 단계(S600)의 판단 결과, 상기 카운트 된 측정 횡수가 상기 기준 측정 횡수(N)에 도달한 것으로 판단된 경우, 상기 측정 횡수를 초기 값 0으로 초기화하는 측정 횡수 초기화 단계(미도시)를 추가로 수행한다.
- [0122] 2.8. 거리 산출 단계(S800)
- [0123] 거리 산출 단계(S800)는, 상기 고속푸리에변환 연산 단계에서 획득된 주파수 성분들과 상기 PWM 카운트 값 저장 및 초기화 단계를 통해 획득된 상기 기준 측정 횡수 동안의 각 위치 값에 해당하는 PWM 카운트 값을 이용하여, 각 신호 방사 방향에 해당하는 위치와의 거리를 산출한다.
- [0124] 가. 제1 데이터 테이블 생성 단계(S810)
- [0125] 제1 데이터 테이블 생성 단계(S810)는, 상기 기준 측정 횡수 동안 획득된 PWM 카운트 값들을 오름차 순으로 정렬하여 각 위치 값마다 PWM 카운트 값이 매칭된 제1 데이터 테이블을 생성한다.
- [0126] 나. 제2 데이터 테이블 생성 단계(S820)
- [0127] 제2 데이터 테이블 생성 단계(S820)는, 상기 고속푸리에변환 연산 단계(S700)에서 획득된 주파수 정보들을 오름차 순으로 정렬한 후, 이를 상기 제1 데이터 테이블 생성 단계(S810)에서 생성된 제1 데이터 테이블에 추가하여, 각 위치 값에 PWM 카운트 값 및 주파수 성분이 매칭된 제2 데이터 테이블을 생성한다.
- [0128] 다. 거리 값 도출 단계(S830)
- [0129] 거리 값 도출 단계(S830)는, 상기 제2 데이터 테이블 생성 단계(S820)에서 생성된 제2 데이터 테이블에 포함된 데이터를 이용하여, 각 신호 방사 방향에 해당하는 위치와의 거리를 도출한다.
- [0130] 보다 구체적으로는, 공지의 FMCW 공식에 의거하여 각 주파수 성분에 해당하는 거리정보로 변환을 수행함으로써 각 신호 방향에 해당하는 위치(X, Y) 와의 거리 값을 도출해낼 수 있다.
- [0131] 도 3은 기준 측정 횡수(N)의 변화에 따른 시스템 성능을 보여주는 시뮬레이션 결과 표이다.
- [0132] 본 시뮬레이션은 시스템 성능을 나타내는 지표로서, 측정 누적 횡수를 설정하여 대상 물체와의 거리를 산출하였을 경우, 산출된 거리 값과 실제 거리 값의 차이를 나타내는 평균 제곱근 오차(Root Mean Square Error, RMSE)를 사용하였다. 따라서, 도 3의 표에서 RMSE가 낮을수록 성능이 좋다고 볼 수 있다.
- [0133] 도 3을 참조하면, 측정 누적 횡수 N=1로 하였을 경우, 즉 매 측정마다 고속 푸리에 변환 연산을 수행한 경우 가장 좋은 성능을 보인다. 측정 누적 횡수 N=6 이하인 범위 내에서는 RMSE의 변화 폭이 크지 않은 것을 확인할 수

있다. 다만, 측정 누적 횟수  $N=7$ 을 기준으로 그 이전의 측정 누적 횟수들( $N=1, 2, 3, \dots, 6$ )에 비해 RMSE가 크게 증가하는 것을 확인할 수 있다.

[0134] 이와 같은 시뮬레이션 결과를 보았을 때, 당연하게도 매 측정마다 고속 푸리에 변환 연산을 수행하는 것이 가장 좋은 성능을 갖지만, 측정 누적 횟수를 6 이하의 범위 내에서는 여러 번의 측정마다 한 번 고속 푸리에 변환 연산을 수행하여도 성능 저하가 크게 발생하지 않으므로, 시스템의 전력소모는 최소화 하면서 목표하는 성능은 유지 가능하다는 결론을 얻을 수 있다.

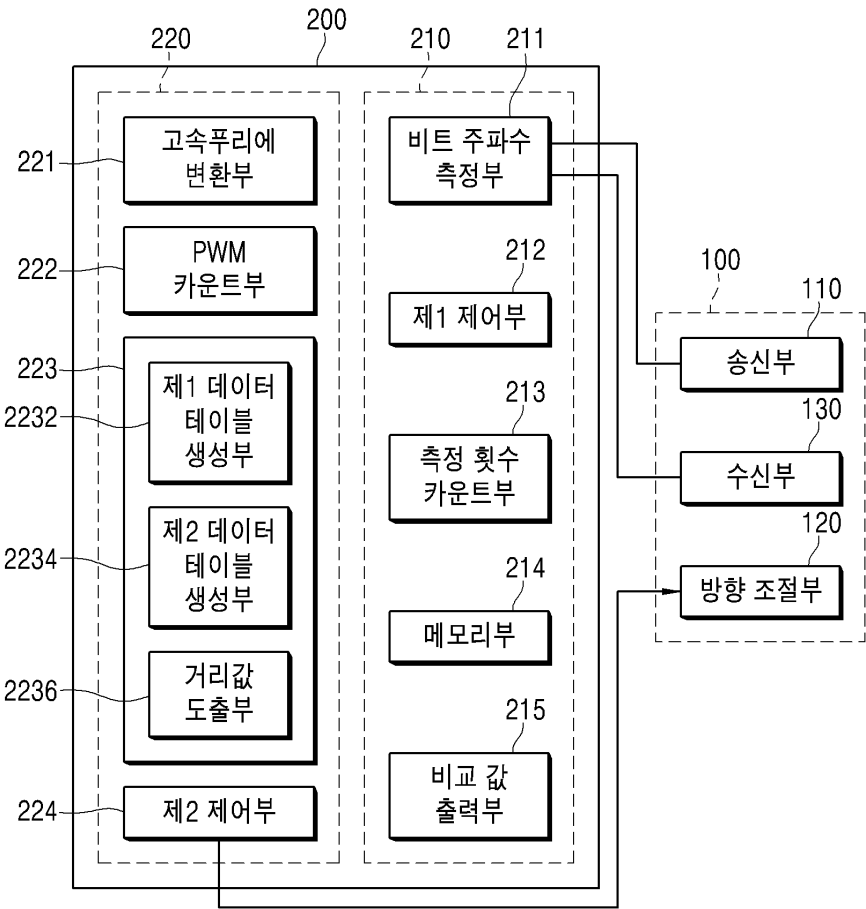
[0135] 한편, 본 발명의 기술적 사상은 상기 실시 예에 따라 구체적으로 기술되었으나, 상기 실시 예는 그 설명을 위한 것이며, 그 제한을 위한 것이 아님을 주의해야 한다. 또한, 본 발명의 기술분야에서 당업자는 본 발명의 기술 사상의 범위 내에서 다양한 실시 예가 가능함을 이해할 수 있을 것이다.

### 부호의 설명

[0136] 100: 스캐너 모듈  
110: 송신부  
120: 방향 조절부  
130: 수신부  
200: 처리 모듈  
210: 제1 처리 모듈  
211: 비트 주파수 측정부  
212: 제1 제어부  
213: 측정 횟수 카운트부  
214: 메모리부  
215: 비교 값 출력부  
220: 제2 처리 모듈  
221: 고속푸리에변환부  
222: PWM 카운트부  
223: 거리 산출부  
2232: 제1 데이터 테이블 생성부  
2234: 제2 데이터 테이블 생성부  
2236: 거리 값 도출부  
224: 제2 제어부

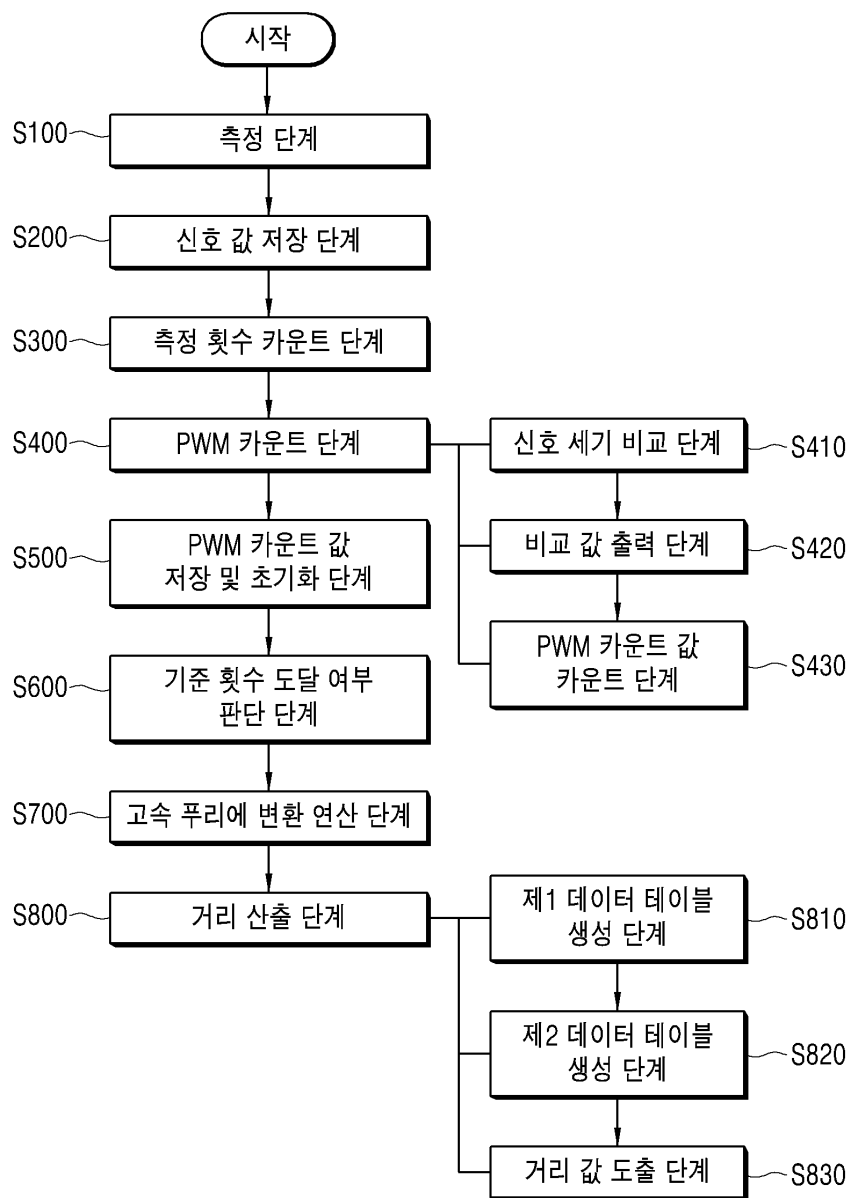
도면

도면1





도면2



도면3

측정 누적횟수(N)	RMSE(CM)
1	1.78
2	2.1
3	2.25
4	3.15
5	3.2
6	3.38
7	5.24
8	5.65
9	6.22
10	6.36