



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년01월29일  
(11) 등록번호 10-2209811  
(24) 등록일자 2021년01월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01S 7/4913 (2020.01) G01S 17/32 (2020.01)  
G01S 7/4911 (2020.01)  
(52) CPC특허분류  
G01S 7/4913 (2013.01)  
G01S 17/32 (2021.01)  
(21) 출원번호 10-2020-0119953  
(22) 출원일자 2020년09월17일  
심사청구일자 2020년09월17일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020200082366 A\*  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
세종대학교산학협력단  
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)  
(72) 발명자  
이성주  
서울특별시 광진구 뚝섬로35길 32, 308-1110  
박휘수  
경기도 하남시 미사강변서로 85, 2002-2402  
(74) 대리인  
이강민, 안준형, 남승희

전체 청구항 수 : 총 8 항

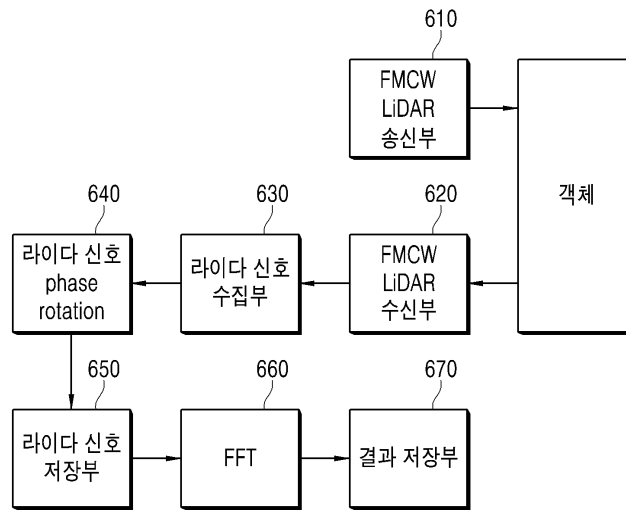
심사관 : 안문환

(54) 발명의 명칭 위상회전을 통한 신호 샘플 확장 방법 및 그 방법을 적용한 라이다 시스템

(57) 요약

CW 라이다를 사용하여 물체 거리를 탐지할 때, 고속 ADC를 사용하지 않고 저속 ADC를 사용하기 위하여 단일 처프의 위상 회전을 하여 여러 데이터를 한꺼번에 받을 수 있도록 하는 발명이다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류  
**G01S 7/4911** (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌  
 KR1020140108412 A\*  
 KR1020080070147 A\*  
 KR101092567 B1\*  
 KR1020150063639 A\*  
 KR1020120096941 A\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업  
 과제고유번호 1711116145  
 과제번호 2018-0-01423-003  
 부처명 과학기술정보통신부  
 과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원  
 연구사업명 정보통신방송혁신인재양성(R&D)  
 연구과제명 지능형 비행로봇 융합기술 연구  
 기여율 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  
 기여율 1/2  
 과제수행기관명 한양대학교 에리카 산학협력단  
 연구기간 2020.01.01 ~ 2020.12.31

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

라이다 시스템에 있어서,  
 레이저 송신 신호를 송신하는 송신부;  
 상기 송신한 신호가 소정의 물체와 충돌하여 반사되어 돌아오는 수신 신호를 수신하는 수신부;  
 상기 송신부의 송신 신호와 수신부의 수신 신호를 수집하고, 상기 수집된 송신 신호와 수신 신호를 중첩하여 생성한 믹싱 신호를 수집하는 수집부;  
 상기 수집부에서 생성된 믹싱 신호의 위상을 회전시키는 위상 회전부;  
 상기 위상이 회전된 위상 회전부의 출력 신호를 디지털 신호로 변환하는 ADC;  
 상기 ADC에서 출력되는 디지털 신호를 고속 푸리에 변환하는 DSP;  
 를 포함하는 라이다 장치.

**청구항 2**

제 1항에 있어서,  
 상기 위상 회전부는,  
 상기 수집부에서 수집되는 믹싱 신호의 각각의 처프마다 위상 회전을 수행하는 것을 특징으로 하는 라이다 장치.

**청구항 3**

제 2항에 있어서,  
 상기 위상 회전부는,  
 상기 수집되는 믹싱 신호의 각각의 처프를 N-1번 위상 회전 하여 각 처프에 대하여 총 N개의 위상 회전된 믹싱 신호를 만드는 것을 특징으로 하는 라이다 장치.

**청구항 4**

제 1항에 있어서,  
 상기 ADC는,  
 상기 수집부에 수집되는 각 처프에 대한 N 개의 위상 회전된 믹싱 신호를 디지털 신호로 변환하는 것을 특징으로 하는 라이다 장치.

**청구항 5**

라이다에 있어서,  
 송수신 신호를 수집하여 송신 신호와 송신 신호를 중첩한 믹싱 신호를 생성하여 수집하는 단계;  
 상기 수집한 믹싱 신호의 위상을 회전시키는 단계;  
 상기 위상이 회전된 신호를 디지털 신호로 변환하는 단계;  
 상기 변환된 디지털 신호를 고속 푸리에 변환하는 단계;  
 를 포함하는 라이다 동작 방법.

**청구항 6**

제 5항에 있어서,

상기 위상을 회전시키는 단계는,

상기 신호를 수집하는 단계에서 수집된 믹싱 신호의 각각의 처프 마다 위상 회전을 수행하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 라이다 동작 방법.

**청구항 7**

제 5항에 있어서,

상기 위상을 회전시키는 단계는,

상기 수집하는 단계에서 수집된 믹싱 신호의 각각의 처프를 N-1번 위상 회전 하여 각 처프 에 대하여 총 N개의 위상 회전된 믹싱 신호를 만드는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 라이다 동작 방법.

**청구항 8**

제 5항에 있어서,

상기 디지털 신호로 변환하는 단계는,

상기수집하는 단계에서 각 처프에 대한 N개의 위상 회전된 믹싱 신호를 디지털 신호로 변환하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 라이다 동작 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 고속으로 동작하는 특징이 있는 CW LiDAR를 고속 ADC를 사용하지 않으면서 저속 ADC로 동작하도록 하는 방법을 제공한다.

**배경 기술**

[0002] LiDAR(이하, 라이다라 표기한다.)란, 레이저 레이더라고도 부른다. 라이다는 레이저를 이용하여 빛을 신호로 하여 사용하는 레이더이다. 레이저를 사용하기 때문에 레이더보다 빠른 응답 속도를 가지게 된다.

[0003] CW (Continuous Wave) 라이다(LiDAR)는 연속파 라이다로 송신 신호를 연속파로 인가하는 방식이다. CW 라이다에서 시간에 따라 송신 신호 주파수를 선형적으로 변화시키는 방식을 FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave)라고 한다. FMCW 라이다는 도 1과 같이 구성된다. FMCW에서는 송신신호와 반사신호의 주파수 차인 비트 주파수에 물체의 거리 정보가 포함되므로, 송신신호의 주파수를 변화시켜 레퍼런스 신호로 송신하고 이를 반사신호와 믹스하여 비트 주파수 신호를 획득한 후, 고속 푸리에 변환(시간 신호를 주파수 성분으로 분해)하여 비트 주파수를 얻어 물체와의 거리를 획득한다.

[0004] 한편, FMCW 라이다 시스템에서는 주파수 변화의 선형성을 유지하기 위해 처프 신호의 신호구간이 매우 짧게 설정되므로, 신호해석을 위하여 고속 ADC의 적용이 불가피하게 되며, 이는 비용 상승의 원인이 된다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0005] 본 발명에서는 상기와 같은 문제를 해결하기 위하여 처프 신호를 위상 회전시켜 한번에 처리하는 신호 데이터가 증가하여 저속 ADC로도 처리 할 수 있도록 하는 발명을 제공한다.

**과제의 해결 수단**

[0006] 상기의 문제를 해결하기 위해 본 발명에서는, 라이다 시스템에 있어서, 레이저 신호를 송신하는 송신부; 상기

송신한 신호가 소정의 물체와 충돌하여 반사되어 돌아오는 신호를 수신하는 수신부; 상기 송수신 신호를 수집하는 수집부; 상기 수집부를 통하여 수집된 송수신 신호의 위상을 회전시키는 위상 회전부; 상기 위상이 회전된 위상 회전부의 출력 신호를 디지털 신호로 변환하는 ADC; 상기 ADC에서 출력되는 디지털 신호를 고속 푸리에 변환하는 DSP;를 포함하여 구성되는

- [0007] 라이다 장치를 제공한다.
- [0008] 구체적으로 상기 위상 회전부는, 상기 수집부에서 수집되는 각각의 처프마다 믹싱된 신호에 대하여 위상 회전을 수행하는 것을 특징으로 하는 라이다 장치를 제공하고,
- [0009] 더 구체적으로 상기 위상 회전부는, 상기 수집되는 각각의 처프 신호를 N-1번 위상 회전 하여 각 처프 신호에 대하여 총 N개의 위상 회전된 신호를 만드는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 라이다 장치를 제공한다.
- [0010] 또한, 상기 ADC는, 상기 수집부에 수집되는 각 처프 신호에 대한 N 개의 위상 회전된 신호를 디지털 신호로 변환하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 라이다 장치를 제공한다.
- [0011] 또한, 라이다에 있어서, 송수신 신호를 수집하는 단계; 상기 수집한 송신 신호와 수신 신호의 믹싱 신호의 위상을 회전시키는 단계; 상기 위상이 회전된 신호를 디지털 신호로 변환하는 단계; 상기 변환된 디지털 신호를 고속 푸리에 변환하는 단계; 를 포함하는 라이다 동작 방법을 제공한다.
- [0012] 구체적으로는 상기 신호를 수집하는 단계에서 수집된 각각의 처프 마다 믹싱된 신호에 대하여 위상 회전을 수행하는 것을 특징으로 하는 하는 라이다 동작 방법이 있고, 상기 위상을 회전시키는 단계는, 상기 송수신 신호를 수집하는 단계에서 수집된 각각의 처프 신호를 N-1번 위상 회전 하여 각 처프 신호에 대하여 총 N개의 위상 회전된 신호를 만드는 것을 특징으로 하는 라이다 동작 방법 있으며, 상기 디지털 신호로 변환하는 단계는, 상기 신호를 수집하는 단계에서 각 처프에 대한 N개의 위상 회전된 신호를 디지털 신호로 변환하는 것을 특징으로 하는 라이다 동작 방법을 나타낸다.

**발명의 효과**

- [0013] 본 발명은 고속 ADC를 사용하지 않고도 고속 동작하는 FMCW 라이다 시스템을 제공한다.

**도면의 간단한 설명**

- [0014] 도 1은 본 발명에서 사용한 FMCW 라이다 시스템의 구성을 나타낸 것이다.
- 도 2는 본 발명의 톱니파 및 삼각파 처프 신호를 나타낸 것이다.
- 도 3은 본 발명의 처프 신호를 만드는 VCO의 동작 함수 그래프를 나타낸 것이다.
- 도 4는 본 발명의 시간에 따른 주파수의 변화를 나타낸 처프 신호를 나타낸 것이다.
- 도 5는 시간에 따른 송신 신호와 수신 신호와 송신 신호와 수신 신호의 주파수 차이인 비트 주파수를 나타낸 것이다.
- 도 6은 본 발명의 블록도를 나타낸 것이다.
- 도 7은 본 발명의 처프 신호를 위상 회전하는 것을 나타낸 것이다.
- 도 8은 본 발명에서 처프 신호를 위상 회전하여 샘플링하여 추출한 데이터를 표로 나타낸 것이다.
- 도 9는 본 발명에서 0번째 샘플링에서 추출한 데이터를 나타낸 것이다.
- 도 10은 등가시간 샘플링하는 방법을 나타낸 것이다.
- 도 11은 등가시간 샘플링을 나타낸 것이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0015] 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 붙였

다.

- [0016] 1.CW 라이다 원리
- [0017] 1.1. CW 라이다 동작 방법
- [0018] CW 라이다는 연속파 레이저 신호를 사용하여 거리 정보를 얻는 레이다이다. 본 발명에서는 라이다 신호 변조 방식 중 FMCW 방식에서의 발명을 제공한다.
- [0019] FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave) 방식이란, 신호 주파수 변조 연속파로 시간에 따라 주파수가 증가 또는 감소하는 신호를 처프 신호라고 하며 이러한 처프 신호를 사용하는 라이다 기법이다.
- [0020] 1.2. 처프 신호
- [0021] 처프 신호는 VCO(Voltage Control Oscillator)에서 만들어지게 되는데, VCO(Voltage Control Oscillator)에서는 송신부에서 송신한 신호를 전압값에 따라 출력 주파수를 변형한다. 처프 신호는 도 2와 같이 톱니파(210) 또는 삼각파(220) 형태로 나타낼 수 있다.
- [0022] VCO에서 주파수를 변환하는 원리는, 수학적 식 1과 같다.
- [0023] [수학적 식 1]
- [0024] 
$$f_{out} = f_R + K V_{in}(t)$$
- [0025] 수학적 식 1에서  $f_{out}$ 는 출력 주파수,  $f_R$ 는 기준 발진 주파수,  $K$ 는 VCO 고유상수이며,  $V_{in}(t)$  입력 제어 전압이다. VCO는  $V_{in}(t)$ 에 따라서 출력 주파수가 변화하는 원리를 가지고 있다. 이로써 처프 신호는 선형성을 가지게 된다. 상기 수학적 식 1에 의하여 VCO에서 주파수 변조를 도 3과 같이 나타낼 수 있다.
- [0026] 처프 신호는 도 4와 같이 나타낼 수 있다. 처프 신호는 신호 시간 동안 주파수 변화량이 일정하여 주파수 변화가 선형적으로 나타날 수 있다.
- [0027] 그러나, 처프 신호는  $\tau$ 인 신호 시간이 짧을 때 이루어 진다. 신호 시간(스윙구간/ $\tau$ )이 긴 경우, 처프 신호의 선형성을 유지하기 어렵다. 측정 시간이 긴 처프 신호를 만드는 것에 한계가 있어 측정 시간이 짧은 시스템에서만 사용한다. 측정 시간이 짧아 샘플링 시간 간격이 짧아져 샘플링 주파수가 커져야 한다. 이로 인해 고속 ADC를 필요로 하게 된다. 도 5에서는 송신 신호(510)와 수신 신호(520) 각각의 처프 신호를 표현 한 것이다. 송신 처프 신호가 물체와 충돌한 후 반사되어 돌아오는 신호가 수신 신호가 된다. 도 5와 같이 수신 신호 주파수와 송신 신호 주파수 차이를  $F_d$ (530)라 표현하고 이는 비트 주파수이다.  $T_e$ (540)는 시간 차를 나타낸 것이다. 비트 주파수는 물체와 라이다 사이의 거리에 대한 정보를 가지고 있다.
- [0028] 2. 종래 기술
- [0029] 2.1. 고속에서 적용 불가
- [0030] 라이다 시스템은 레이저를 신호로 사용하여 신호 시간이 짧아 선형적인 처프 신호를 갖게 된다. 라이다 시스템에서 신호 시간이 짧기 때문에 샘플링 시간이 짧아지고 이에 따라 샘플링 주파수가 증가하게 된다.
- [0031] 이 때문에 저속 ADC로는 신호를 변환하기가 쉽지 않다. 이에 종래에는 고속 ADC를 FMCW 라이다에 사용하였다. 이는 비용 및 구조적 측면에서 복잡성이 있다.
- [0032] 3. 본원 발명
- [0033] 3.1. 본 발명의 구성
- [0034] 본 발명은 고속 ADC를 사용하지 않고도, 저속 ADC를 사용하여 고속 샘플링 라이다 시스템을 동작하는 방법을 제공한다. 본 발명은 처프의 위상 회전하여 샘플링 수를 늘리는 방법이다.
- [0035] 3.2. 처프 수신 및 위상 회전
- [0036] 도 6은 본 발명의 CW 라이다의 블록도를 나타낸 것이다. 도 6을 상세히 설명하면, 송신 신호를 송신부(610)에서 송신하고 물체와 충돌 후 돌아오는 신호를 수신부(620)에서 수신하고 이러한 송신 신호와 반사되어 돌아온 신호

를 중첩하여 비트 주파수를 가지는 신호를 수집부(630)에서 수집한다. 한 개의 처프 신호까지 수집이 되면, 회전부(640)에서 이 신호들을 여러번 위상 회전(Phase rotation) 시킨다. 위상 회전한 처프 신호를 저장부(650)에서 저장한다.

[0037] 저장부에서 저장한 신호를 디지털 신호로 변환하고 고속 푸리에 변환(660)을 진행한다. 고속 푸리에 변환한 신호를 결과 저장부(670)에 저장한다.

[0038] 상기 한 개의 처프 신호를 위상 회전 하는 것에 대하여 도 7을 통하여 자세히 설명한다.

[0039] 도 7은 본 발명에서 제공하는 처프 위상 회전을 나타내는 것이다.

[0040] 상기 수집부에서 수집한 한 개의 처프 신호는 0번 위상을 회전한 처프 신호(710)(또는 기본 처프 신호이다. 이하, 기본 처프 신호라 한다.)이다. 한 개의 기본 처프 신호(710)를 N-1번 위상을 회전하여 총 N개의 신호를 만든다. N=1인 경우, 위상을 회전하지 않은 원래의 처프 신호가 된다.

[0041] 기본 처프 신호(710)를 위상 회전하여, 새로운 처프 신호를 총 N-1개 만든다. 이때의 N번 위상을 회전한 처프 신호(713)의 위상은  $\frac{(N-1)+2\pi}{N}$  이며, 이 하나의 처프 신호는 총 M번의 샘플링을 거치게 된다. 샘플링 구간은 [0, M-1]이 된다. 이에 N개의 위상을 회전한 처프 신호에서 추출할 수 있는 총 신호 데이터 수는  $M \times N$ 개의 가 된다. 이를 도 8과 같은 표로 나타내었다. 도 8에 대하여 상세히 설명하면, D[위상 변환 번호][샘플링 위치]로 나타낸 것이다. 예를 들면 D[1][1]로 표현 되는 것은 위상 변환을 1번하고, 1번째 샘플링 위치를 나타내는 것이다. F는 데이터의 순서를 나타내는 것이다. F의 구간은  $0 \sim M \times (N-1)$ 로 나타낼 수 있다.

[0042] 3.3. 처프 신호의 디지털 변환 및 푸리에 변환

[0043] 도 9는 기존 처프 신호부터 N-1까지 위상 회전한 처프 신호에서 0번째 샘플링을 한 것을 나타낸 것이다. 이는 0 번째 샘플링에서 총 N개의 데이터를 얻게 되는 것이다. 이는 저속 ADC 한 개를 사용하였을 때, 0 번째 샘플링에서 기본 처프 신호와 위상 변환이 된 N개의 신호 데이터를 받아 디지털 변환 할 수 있게 된다.

[0044] 이를 전체 샘플링 구간으로 설명하면, 총 M번의 샘플링을 거치는 M개의 샘플링 구간 [0, M-1]에서, 각각의 샘플링 마다 총 N개의 신호 데이터가 생성되어 총  $M \times N$ 개의 데이터가 추출된다. 이후 본 발명에서는  $M \times N$ 번 샘플링한 처프 신호를 ADC에서 디지털 신호로 변환하고, 변환한 디지털 신호는 고속 푸리에 변환을 진행한다. 고속 푸리에 변환을 통하여 비트 주파수를 추출하여 물체로부터의 거리를 산출한다.

[0045] 종래 기술에서 고속의 ADC를 사용하거나, N-1개의 저가형 ADC를 사용해야 하는 것과 달리 본 발명은 하나의 ADC를 사용한다. 본 발명은 등가시간 샘플링(Equivalent time sampling)에서 기법을 응용한 것이다. 등가시간 샘플링이란, 도 10과 같이 나타낼 수 있다. 등가시간 샘플링에 대하여 간략히 설명하면, 저가 ADC를 일정한 시간 간격으로 샘플링을 진행한다. 다수의 저가 ADC를 각각 위상을 회전 하여 동시에 사용하고, 이로써 샘플링 수가 증가하도록 하는 것이다. 도 11과 같이 등가시간 샘플링을 하여 오실로스코프에서 파형을 출력하는 만드는 방법이다.

[0046] 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**

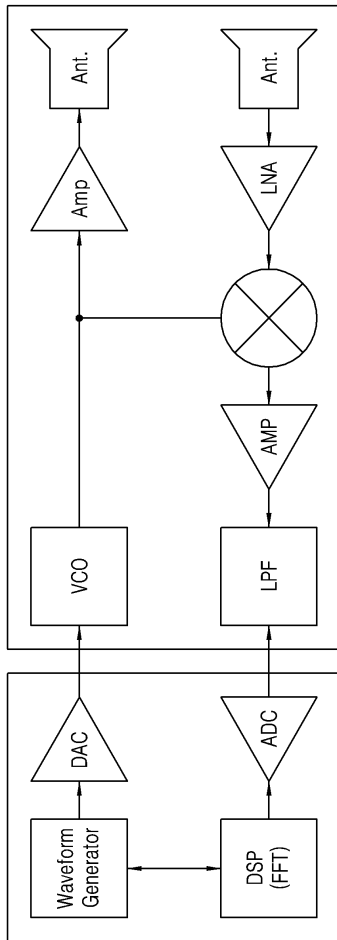
- [0047] 210 튜니파
- 220 삼각파
- 510 송신 신호
- 520 수신 신호
- 530 비트 주파수
- 540 시간 차

- 610 라이다 송신부
- 620 라이다 수신부
- 630 송수신 수집부
- 640 위상 회전부
- 650 위상 회전 신호 저장부
- 660 고속 푸리에 변환
- 670 고속 푸리에 변환 결과 저장부
- 711 위상을 0번 회전한 처프 신호
- 712 위상을 1번 회전한 처프 신호
- 713 위상을 2번 회전한 처프 신호
- 714 위상을 N-1번 회전한 처프 신호
- 800 데이터 포
- 911 위상을 0번 회전한 처프 신호
- 912 위상을 1번 회전한 처프 신호
- 913 위상을 2번 회전한 처프 신호
- 914 위상을 N-1번 회전한 처프 신호
- 920 위상 회전한 N개의 처프 신호
- 1010 입력 신호
- 1020 1<sup>st</sup> 사이클 등가 시간 샘플링
- 1021 2<sup>nd</sup> 사이클 등가 시간 샘플링
- 1022 3<sup>rd</sup> 사이클 등가 시간 샘플링
- 1023 N<sup>th</sup> 사이클 등가 시간 샘플링

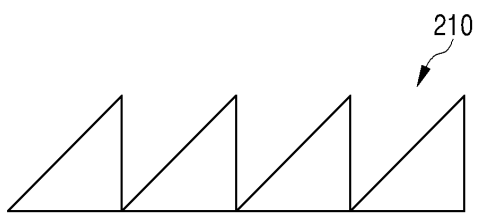


도면

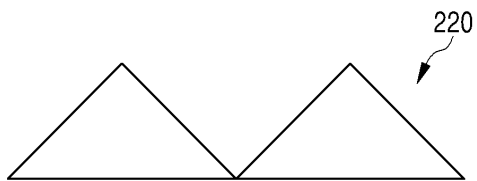
도면1



도면2

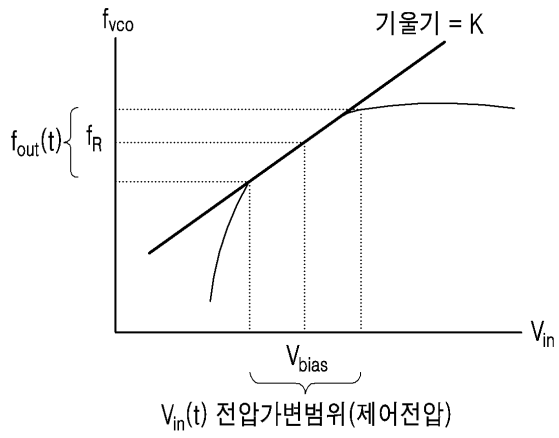


(a)

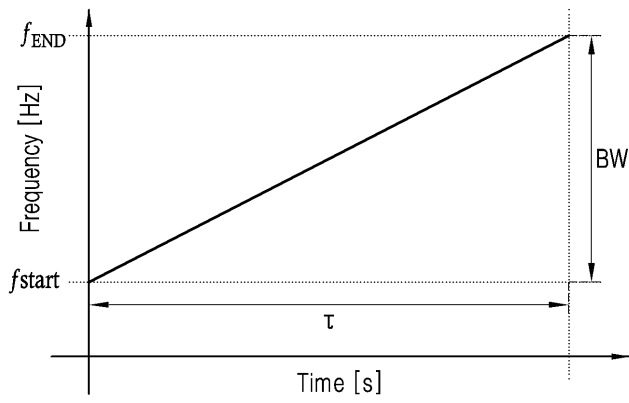


(b)

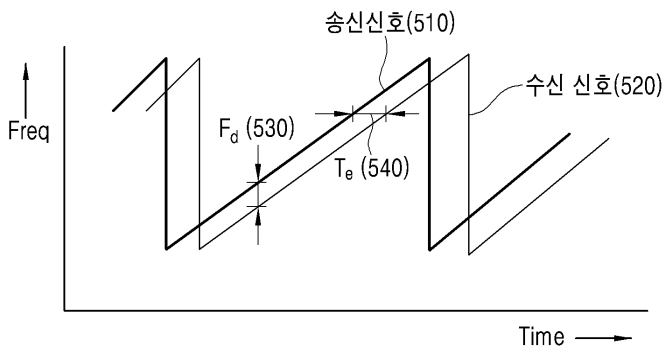
도면3



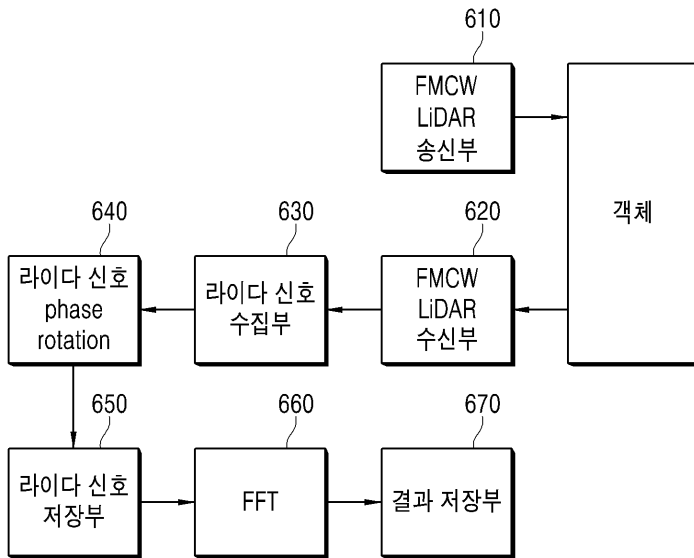
도면4



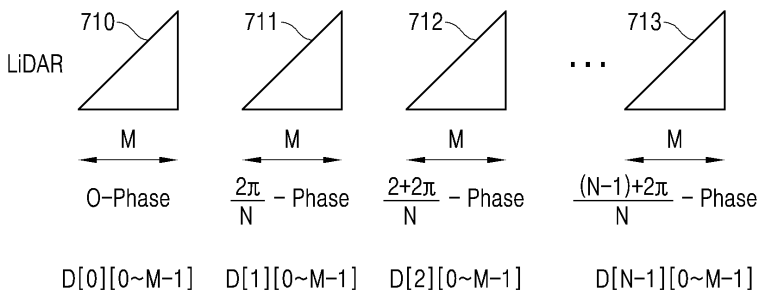
도면5



도면6



도면7

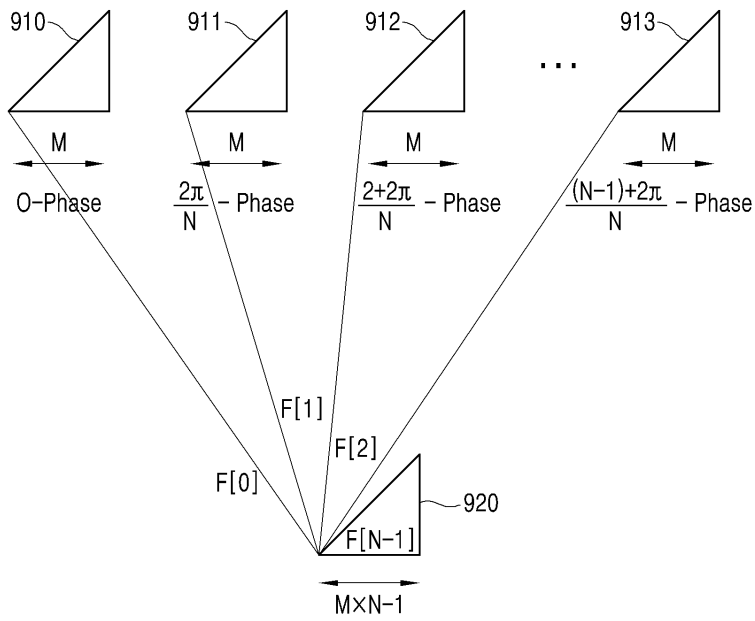


도면8

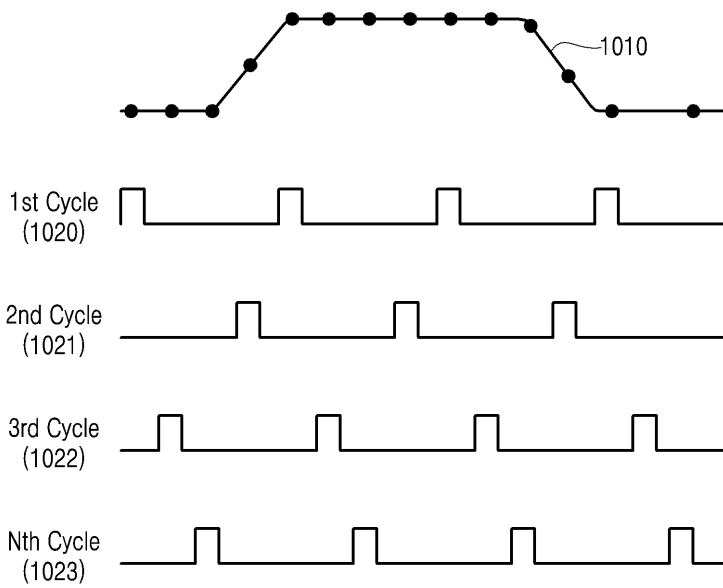
800

F	F[0]	F[1]	F[2]	...	F[N-1]
D	D[0][0]	D[1][0]	D[2][0]	...	D[N-1][0]
F	F[N]	F[N+1]	F[N+2]	...	F[2N-1]
D	D[0][1]	D[1][1]	D[2][1]	...	D[N-1][1]
	...	...	...	...	...
F	F[(M-1)xN]	F[(M-1)xN+1]	F[(M-1)xN+2]	...	F[MxN-1]
D	D[0][M-1]	D[1][M-1]	D[2][M-1]	...	D[N-1][M-1]

도면9



도면10



도면11

