



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년06월04일  
(11) 등록번호 10-2261047  
(24) 등록일자 2021년05월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01S 13/34 (2006.01) G01S 13/00 (2006.01)  
G01S 7/288 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G01S 13/34 (2021.01)  
G01S 13/006 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2021-0008151  
(22) 출원일자 2021년01월20일  
심사청구일자 2021년01월20일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR101110025 B1\*  
(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 5 항

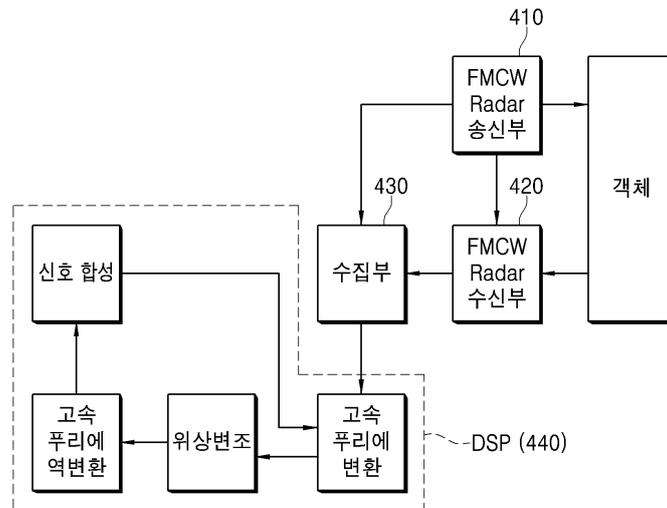
심사관 : 김민성

(54) 발명의 명칭 FMCW 레이더를 통한 가상의 레이더 성분 생성과 거리 해상도 향상에 대한 방법

(57) 요약

FMCW 레이더의 거리 해상도를 개선하기 위하여 레이더의 원신호의 위상을 변조하여 가상 신호를 생성하고, 생성된 가상 신호와 원 신호를 합성함으로써 거리 해상도가 개선되도록 하는 발명

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류  
**G01S 7/2883** (2021.05)

(56) 선행기술조사문헌  
 JP2010014488 A  
 KR1020120080064 A  
 JP2017161484 A  
 KR1020190006549 A  
 JP2010103650 A  
 \*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
기여율	1/2
과제수행기관명	세종대학교 산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345321135
과제번호	2020R1A6A1A03038540
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	대학중점연구소지원사업
연구과제명	자율지능무인비행체연구소
기여율	1/2
과제수행기관명	세종대학교 산학협력단
연구기간	2020.06.01 ~ 2021.02.28

---

명세서

청구범위

청구항 1

FMCW 레이더에 있어서,

레이더에서 송신한 송신 신호와 상기 송신 신호가 소정의 물체와 충돌 후 반사되어 돌아오는 수신 신호를 수집하고, 상기 송신 신호와 수신 신호를 중첩하여 믹싱 신호를 생성하는 신호 수집부;

상기 신호 수집부에서 믹싱 신호에서 비트 주파수를 추출하여 거리를 산출하는 DSP; 를 포함하여 구성되고,

상기 DSP는,

상기 신호 수집부에서 생성된 믹싱 신호를 1차 고속 푸리에 변환하여 주파수 도메인의 믹싱 신호를 하는 1차 고속 푸리에 변환부;

1차 고속 푸리에 변환한 상기 주파수 도메인의 믹싱 신호의 위상을 변조하여 가상 신호를 생성하는 가상신호 생성부;

상기 가상 신호 생성부에서 위상 변조하여 생성된 주파수 도메인의 가상신호들과 주파수 도메인의 본래의 믹싱 신호를 고속 푸리에 역변환하여 시간 도메인으로 나타내는 고속 푸리에 역변환부;

상기 고속 푸리에 역변환부에서 시간 도메인으로 변환된 가상 신호들과 시간 도메인으로 변환된 본래의 믹싱 신호를 합성하여 합성된 신호를 생성하는 신호 합성부;

상기 신호 합성부에 생성된 합성된 신호를 다시 2차 고속 푸리에 변환을 하는 2차 고속 푸리에 변환부;를 포함하여 구성되고,

상기 가상 신호 생성부는,

상기 수집부를 통해서 생성된 믹싱 신호를 N차 위상 변조하여 N개의 가상 신호를 생성하고,

상기 N차 가상 신호의 위상은,

수학식 1로 정해지는 것을 특징으로 하는 레이더 장치.

[수학식 1]

$$\theta_N = X_\theta + (360 \times N \times \frac{f_s}{M} b \times t_s)$$

$\theta_N$  = N차 위상 변조한 가상 신호의 위상

$X_\theta$  = 본래의 믹싱 신호의 위상,  $N$  = 위상 변조 차수

$f_s$  = 샘플링 주파수

$M$  = FFT 포인트 수

$b$  = FFT bin

$t_s$  = 스윙 시간

청구항 2

삭제

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

제 1항에 있어서,

상기 신호 합성부에서 합성된 신호의 위상은 수학적 식 2로 결정되는 것을 특징으로 하는 레이더 장치.

[수학적식2]

$$\theta_T = \sum_{a=0}^N \sum_{b=0}^{M-1} X_{\theta} + (360 \times a \times \frac{f_s}{M} b \times t_s)$$

$\theta_T$  = 본래의 믹싱 신호의 위상과 위상 변조된 가상 신호들의 위상을 합한 위상

$X_{\theta}$  = 본래의 믹싱 신호의 위상

$N$  = 위상 변조 차수

$f_s$  = 샘플링 주파수

$M$  = FFT 포인트 수

$b$  = FFT bin

$t_s$  = 스윙 시간

**청구항 5**

거리를 산출하는 방법에 있어서,

시간 도메인에서의 레이더의 송신 신호와 수신 신호를 수집하는 수집 단계;

상기 송신 신호와 수신 신호를 중첩하여 믹싱 신호를 생성하는 믹싱 단계;

상기 시간 도메인에서의 믹싱 신호를 고속 푸리에 변환하여 주파수 도메인으로 나타내는 1차 고속 푸리에 변환 단계;

상기 1차 고속 푸리에 변환 단계에서 주파수 도메인으로 변환한 신호의 위상을 변조하여 가상 신호를 생성하는 가상 신호 생성 단계;

상기 가상 신호 생성 단계에서 생성된 주파수 도메인의 가상 신호와 주파수 도메인의 본래의 신호를 각각 고속 푸리에 역변환하여 시간 도메인으로 나타내는 고속 푸리에 역변환 단계;

상기 고속 푸리에 역변환 단계에서 시간 도메인으로 변조된 가상 신호와 본래 신호를 시간 도메인에서 합성하여 합성된 신호를 생성하는 신호 합성 단계;

상기 신호 합성 단계에서 생성된 시간 도메인의 합성된 신호를 고속 푸리에 변환하여 주파수 도메인으로 나타내는 2차 고속 푸리에 변환 단계;로 구성되고,

상기 가상 신호 생성 단계는,

상기 수집 단계를 통해서 생성된 믹싱 신호를 N차 위상 변조하여 N개의 가상 신호를 생성하며,

상기 N차 가상 신호의 위상은,

수학적 식 1로 정해지는 것을 특징으로 하는 거리 산출 방법.

[수학식 1]

$$\theta_N = X_\theta + (360 \times N \times \frac{f_s}{M} b \times t_s)$$

$\theta_N$  = N차 위상 변조한 가상 신호의 위상

$X_\theta$  = 본래의 믹싱 신호의 위상,  $N$  = 위상 변조 차수

$f_s$  = 샘플링 주파수

$M$  = FFT 포인트 수

$b$  = FFT bin

$t_s$  = 스윙 시간

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

제 5항에 있어서,

상기 신호 합성 단계에서 합성된 신호의 위상은 수학식 2로 결정되는 것을 특징으로 하는 거리 산출 방법.

[수학식2]

$$\theta_T = \sum_{a=0}^N \sum_{b=0}^{M-1} X_\theta + (360 \times a \times \frac{f_s}{M} b \times t_s)$$

$\theta_T$  = 본래의 믹싱 신호의 위상과 위상 변조된 가상 신호들의 위상을 합한 위상

$X_\theta$  = 본래의 믹싱 신호의 위상

$N$  = 위상 변조 차수

$f_s$  = 샘플링 주파수

$M$  = FFT 포인트 수

$b$  = FFT bin

$t_s$  = 스윙 시간

청구항 9

제 5항에 있어서,

2차 고속 푸리에 변환하여 주파수 도메인으로 나타내어진 합성 신호에서 거리 정보를 가지고 있는 비트 주파수

를 추출하고, 추출한 비트 주파수로 거리를 산출하는 거리 산출 단계;  
 를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 거리 산출 방법

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] FMCW 레이더에서 가상 신호를 생성하여 FFT 포인트 수를 증가시킴으로써, 레이더의 거리 해상도를 향상하는 발명이다.

**배경 기술**

[0002] FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave: 주파수 변조 연속파) 레이더는 거리 측정 레이더로, 단순한 신호 처리 방식과 송수신기의 간단한 구성으로 지능형 운전자 보조 시스템(Advanced Driver Assistance System: 이하 ADAS)에 적용하기 용이하다.

[0003] FMCW 레이더의 원리는, 신호를 송신파 혹은 삼각파로 송신하고 이러한 신호가 물체와 충돌 후 반사되어 돌아오는 수신 파형을 통하여 물체의 거리를 감지하는 것이다. 이후 송신 신호와 수신 신호를 믹싱하고, 믹싱 신호에서는 도플러 효과가 나타나는 비트 주파수가 생성된다. 도플러 효과란, 파동에서 파동원과 관찰자의 상대 속도에 따라 진동수와 파장이 바뀌는 현상이다. 비트 주파수는 도플러 효과에 의해 거리 및 상대 속도에 관한 정보를 포함하고 있다. 상기 비트 주파수를 포함하는 믹싱 신호는 ADC에서 디지털 신호로 전환되어 DSP로 입력된 후 고속 푸리에 변환을 통해 거리에 대한 정보를 추출하게 된다. 거리 해상도는 레이더 시스템 주파수 대역폭이 큰 레이더를 쓰는 방법이 있으나, 이는 비용 및 에너지적 차원에서 경제성이 낮다.

[0004] 이에, 본 발명은 주파수 대역폭은 확장하지 않고 거리 해상도를 향상시키는 방법에 관한 발명이다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0005] 상기 문제를 해결하기 위하여 본 발명에서는 신호의 위상을 변조하여 가상 신호를 생성한 후 합성함으로써 FFT 포인트 수를 늘려 거리 해상도는 개선하고 사용 에너지는 증가하지 않도록 한다.

**과제의 해결 수단**

[0006] 거리 해상도를 향상하는 방법에 있어서는, 레이더에서 송신한 송신 신호와 상기 송신 신호가 소정의 물체와 충돌 후 반사되어 돌아오는 수신 신호를 수집하고, 상기 송신 신호와 수신 신호를 중첩하여 믹싱 신호를 생성하는 신호 수집부, 상기 신호 수집부에서 믹싱 신호에서 비트 주파수를 추출하여 거리를 산출하는 DSP를 포함하여 구성되고, 상기 DSP는, 상기 신호 수집부에서 생성된 믹싱 신호를 1차 고속 푸리에 변환하여 주파수 도메인의 믹싱 신호를 하는 1차 고속 푸리에 변환부와 1차 고속 푸리에 변환한 상기 주파수 도메인의 믹싱 신호의 위상을 변조하여 가상 신호를 생성하는 가상신호 생성부 및 상기 가상 신호 생성부에서 위상 변조하여 생성된 주파수 도메인의 가상신호들과 주파수 도메인의 본래의믹싱 신호를 고속 푸리에 역변환하여 시간 도메인으로 나타내는 고속 푸리에 역변환부, 상기 고속 푸리에 역변환부에서 시간 도메인으로 변환된 가상 신호들과 시간 도메인으로 변환된 본래의 믹싱 신호를 합성하여 합성된 신호를 생성하는 신호 합성부 및 상기 신호 합성부에 생성된 합성된 신호를 다시 2차 고속 푸리에 변환을 하는 2차 고속 푸리에 변환부를 포함하여 구성되도록 한다.

[0007] 구체적으로는, 상기 가상신호 생성부는 상기 수집부를 통해서 생성된 믹싱 신호를 N차 위상 변조하여 N개의 가상 신호를 생성하는 것을 특징으로하며, 상기 N차 가상 신호의 위상은 수학식 1로 정해지는 것을 특징으로 하는 장치이며,

[0008] [수학식 1] 
$$\theta_N = X_0 + (360 \times N \times \frac{f_s}{M} b \times t_s)$$

[0009]  $\theta_N$ =N차 위상 변조한 가상 신호의 위상,  $X_0$ =본래의 믹싱 신호의 위상,  $N$ =위상 변조 차수,  $f_s$ =샘플링 주파

수,  $M$ =FFT 포인트 수,  $b$ = FFT bin,  $t_s$ =스윙 시간을 포함한다. 또한, 상기 신호 합성부에서 합성된 신호의 위상은 수학식 2로 결정되는 것을 특징으로 하는 장치를 가지며,

$$\theta_T = \sum_{a=0}^N \sum_{b=0}^{M-1} X_{\theta} + (360 \times a \times \frac{f_s}{M} b \times t_s)$$

[수학식2]

$\theta_T$ =본래의 믹싱 신호의 위상과 위상 변조된 가상 신호들의 위상을 합한 위상,  $X_{\theta}$ =본래의 믹싱 신호의 위상,  $N$ =위상 변조 차수,  $f_s$ =샘플링 주파수,  $M$ =FFT 포인트 수,  $b$ = FFT bin,  $t_s$ =스윙 시간을 나타낸다.

더욱 구체적으로, 거리를 산출하는 방법에 있어서, 시간 도메인에서의 레이더의 송신 신호와 수신 신호를 수집하는 수집 단계, 상기 송신 신호와 수신 신호를 중첩하여 믹싱 신호를 생성하는 믹싱 단계, 상기 시간 도메인에서의 믹싱 신호를 고속 푸리에 변환하여 주파수 도메인으로 나타내는 1차 고속 푸리에 변환 단계, 상기 1차 고속 푸리에 변환 단계에서 주파수 도메인으로 변환한 신호의 위상을 변조하여 가상 신호를 생성하는 가상 신호 생성 단계, 상기 가상 신호 생성 단계에서 생성된 주파수 도메인의 가상 신호와 주파수 도메인의 본래의 신호를 각각 고속 푸리에 역변환하여 시간 도메인으로 나타내는 고속 푸리에 역변환 단계, 상기 고속 푸리에 역변환 단계에서 시간 도메인으로 변조된 가상 신호와 본래 신호를 시간 도메인에서 합성하여 합성된 신호를 생성하는 신호 합성 단계, 상기 신호 합성 단계에서 생성된 시간 도메인의 합성된 신호를 고속 푸리에 변환하여 주파수 도메인으로 나타내는 2차 고속 푸리에 변환 단계를 포함한다.

구체적으로, 상기 가상 신호 생성 단계는, 상기 수집 단계를 통해서 생성된 믹싱 신호를  $N$ 차 위상 변조하여  $N$ 개의 가상 신호를 생성하는 것을 특징하며, 상기  $N$ 차 가상 신호의 위상은, 수학식 1로 정해지는 것을 특징으로 하는 거리 산출 방법

$$\theta_N = X_{\theta} + (360 \times N \times \frac{f_s}{M} b \times t_s)$$

[수학식 1]

$\theta_N$ = $N$ 차 위상 변조한 가상 신호의 위상,  $X_{\theta}$ =본래의 믹싱 신호의 위상,  $N$ =위상 변조 차수,  $f_s$ =샘플링 주파수,  $M$ =FFT 포인트 수,  $b$ = FFT bin,  $t_s$ =스윙 시간으로 표현된다. 또한, 상기 신호 합성 단계에서 합성된 신호의 위상은 수학식 2로 결정되는 것을 특징으로 하며,

$$\theta_T = \sum_{a=0}^N \sum_{b=0}^{M-1} X_{\theta} + (360 \times a \times \frac{f_s}{M} b \times t_s)$$

[수학식2]

$\theta_T$ =본래의 믹싱 신호의 위상과 위상 변조된 가상 신호들의 위상을 합한 위상,  $X_{\theta}$ =본래의 믹싱 신호의 위상,  $N$ =위상 변조 차수,  $f_s$ =샘플링 주파수,  $M$ =FFT 포인트 수,  $b$ = FFT bin,  $t_s$ =스윙 시간으로 나타낸다.

뿐만 아니라, 2차 고속 푸리에 변환하여 주파수 도메인으로 나타내어진 합성 신호에서 거리 정보를 가지고 있는 비트 주파수를 추출하고, 추출한 비트 주파수로 거리를 산출하는 거리 산출 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 거리 산출 방법이다.

**발명의 효과**

레이더 시스템을 교체하지 않고 기존 레이더 시스템을 사용하여도 개선된 거리 해상도로 정확한 거리를 산출할 수 있도록 한다.

**도면의 간단한 설명**

도 1은 본 발명의 톱니파 처프 신호 및 삼각파 처프 신호를 나타낸 것이다.

도 2는 본 발명의 톱니파 처프 신호를 스윙 시간 및 주파수로 나타낸 것이다.

도 3은 본 발명에서 믹싱 신호의 비트 주파수에 관하여 나타낸 것이다.

도 4는 본 발명의 블록도를 나타낸 실시 예이다.

도 5는 본 발명에서 본래의 믹싱 신호를 시간 도메인에서 나타낸 것이다.

도 6은 본 발명에서 위상 변조한 가상 신호를 시간 도메인에서 나타낸 것이다.

도 7은 본 발명에서 본래의 신호와 1번 위상 변조한 가상 신호를 합성한 신호를 시간 도메인에서 나타낸 것이다.

도 8은 본 발명에서 본래의 신호를 고속 푸리에 변환하여 주파수 도메인에 나타낸 것이다.

도 9는 본 발명에서 본래의 신호와 1번 위상 변조한 신호를 합성하여 고속 푸리에 변환하여 주파수 도메인에 나타낸 것이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0021] 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.

[0022] 1.종래기술

[0023] 1.1.FMCW 레이더

[0024] FMCW 레이더란, 시간에 따라 주파수를 변경한 송신 신호를 송신하는 레이더이다. 상기 시간에 따라 주파수를 변경한 신호를 처프 신호라고 하는데, 처프 신호는 VCO(Voltage Control Oscillator)에서 만들어지게 되며, VCO(Voltage Control Oscillator)에서는 송신부에서 송신한 신호를 전압값에 따라 출력 주파수를 변형한다. 처프 신호는 도 1와 같이 톱니파(110) 또는 삼각파(120) 형태로 나타낼 수 있다.

[0025] VCO에서 주파수를 변환하는 원리는, 수학식 1과 같다.

[0026] [수학식 1]

[0027] 
$$f_{out} = f_R + KV_{in}(t)$$

[0028] 수학식 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 수학식 1에 의하여 VCO에서 주파수 변조를 도 2과 같이 나타낼 수 있다. 도2에서는 기준 발진 주파수  $f_R$ 가 0으로 나타내진 것이다. 도 2에서와 x축은 스위프 시간을 y축은  $BW$ (주파수 대역폭)로 주파수가 변경되는 영역을 나타내는 것이다.

[0029] FMCW 레이더는 상기 송신 신호(310)와 소정의 물체와 충돌 후 돌아오는 수신 신호(320) 중첩되어 생성되는 믹싱 신호에 의해서 거리 정보를 가지고 있다. 믹싱 신호는 비트 주파수(330)를 생성하고, 생성된 비트 주파수(330)는 도플러 시프트(Doppler Shift)에 의해서 물체와 레이더 사이의 거리와 상대 속도 정보를 가지고 있다. 따라서, FMCW 레이더에서 비트 주파수(330)를 추출하여 물체의 거리를 산출하게 된다.

[0030] 도 3은 비트 주파수(330)를 나타낸 것이다. 비트 주파수(330)는 두 신호의 주파수 차이를 나타내는 것으로, 송신 신호(310)와 수신 신호(320)의 믹싱하면서 생성된 주파수 차이를 통해 구할 수 있다.

[0031] [수학식 2]

[0032] 
$$f_d = \frac{2 \cdot BW \cdot R}{C \cdot T_m}$$

[0033] 상기 수학식 2은 비트 주파수를 나타낸 것이다.  $f_d$ 는 비트 주파수(도플러 주파수),  $BW$ 는 레이더 시스템 주파

수 대역폭,  $C$ 는 광속,  $T_m$ 은 스윕시간,  $R$ 는 레이더와 타겟 물체 사이의 거리이다. 이를 통해 비트 주파수  $f_a$ 는 레이더와 타겟 물체 사이의 거리  $R$ 에 비례한다.

[0034] [수학식 3]

$$R = \frac{2 \cdot BW \cdot f_a}{C \cdot T_m}$$

[0035]

[0036] 상기 수학식 2를 거리  $R$ 에 관한 식, 상기 수학식 3으로 변경하여 나타낼 수 있다.

[0037] [수학식 4]

$$\Delta R = \frac{2 \cdot BW \cdot \Delta f}{C \cdot T_m}$$

[0038]

[0039] 상기 수학식 4는 거리 해상도를 나타낸 식이다. 이에 거리 해상도  $\Delta R$ 와 주파수 해상도  $\Delta f$ 는 1대 1 대응된다. 주파수 해상도  $\Delta f$ 를 개선하면 거리 해상도  $\Delta R$ 가 개선되는 것을 알 수 있다.

[0040] [수학식 5]

$$\Delta f = \frac{F_s}{n}$$

[0041]

[0042] 또한, 주파수 해상도  $\Delta f$ 는 수학식 5로 나타낼 수 있다. 수학식 5에서  $n$ 는 FFT 포인트 수이고,  $F_s$ 는 샘플링 주파수이다. 이에 주파수 해상도  $\Delta f$ 를 개선하기 위하여, 포인트 수  $n$ 를 증가시키면 된다.

[0043] 이에 거리 해상도를 개선하기 위하여 레이더 시스템 주파수 대역폭  $BW$  자체가 큰 레이더를 사용하여 하드웨어적 및 비용적 측면에서 경쟁력이 없었던 종래와 다르게 기존 레이더 시스템을 그대로 적용하여 FFT 포인트 수를 늘려 거리 해상도가 향상 되도록 하는 방법을 제공한다.

[0044] 2.본원발명

[0045] 2.1.본원발명의 구성

[0046] 이에 본 발명은 기존의 시스템을 그대로 사용하면서 거리 해상도를 향상하기 위하여, FFT 포인트 수를 증가시키는 것에 관한 발명이다. 도 4는 본원 발명의 블록도이다.

[0047] 2.1.1. 수집부(430)

[0048] 본 발명은 시간에 따라 주파수를 변조한 처프 신호를 송신 신호로 송신하는 송신부(410)와 상기 송신 신호가 타겟 물체와 충돌 후 반사되어 돌아오는 수신 신호를 받는 수신부(420)가 있다. 수집부에서는 상기 송신 신호와 상기 수신 신호를 수집하고, 수집한 송신 신호와 수신 신호를 중첩하여 믹싱 신호를 생성한다. 믹싱 신호는 종래 기술과 동일하게 비트 주파수를 생성한다.

[0049] 수집부(430)에서의 송수신 신호(송신 신호와 수신 신호)및 믹싱 신호는 시간 도메인에서 신호이다.

[0050] 2.1.2. DSP (440)

[0051] 상기 신호 수집부(430)에서 생성된 믹싱 신호를 입력으로 받아 거리 정보를 가지고 있는 비트 주파수를 추출하여 거리를 산출하는 장치이다. 또한, 하기에서 상세히 설명하는 다수의 장치로 구성되어 있다.

[0052] (A) 1차 고속 푸리에 변환부

[0053] 상기 신호 수집부(430)를 통해 생성된 시간 도메인에서의 믹싱 신호를 1차 고속 푸리에 변환부의 입력으로 받는다.

[0054] 1차 고속 푸리에 변환부에서는 시간 도메인에서의 믹싱 신호를 고속 푸리에 변환하여 주파수 도메인으로 변환

한다. 믹싱 신호를 주파수 도메인으로 변환한 것은 믹싱 신호의 위상을 변조하기 위해서이다. 1차 고속 푸리에 변환부에서 출력되는 믹싱 신호는 주파수 도메인으로 표현 된다.

[0055] (B) 가상 신호 생성부

[0056] 상기 1차 고속 푸리에 변환하여 주파수 도메인으로 나타낸 본래의 믹싱 신호의 위상을 변조하여 가상 신호를 생성한다. 가상 신호는 주파수 도메인으로 변환된 본래의 믹싱 신호를 N차 위상 변조한 것이고, 가상 신호의 개수는 사용자가 지정할 수 있다. 예를 들어 사용자가 N차 위상 변조를 하게 될 때, 총 N개의 가상 신호가 생성된다. N차 위상 변조되어 생성된 가상 신호는 주파수 도메인에서의 믹싱 신호가 하기 수학적 식 6에 따라 변조된 위상을 가지며, 각각의 가상 신호들의 위상은 서로 다르게 변조된다. 수학적 식 6에서,  $\theta_N$ 은 N차 가상 신호의 위상이고,  $X^\theta$ 는 수집부(430)에서 송신 받아 주파수 도메인으로 변환한 본래의 믹싱 신호의 위상이고,  $N$ 은 위상을 변조한 차수이고,  $f_s$ 는 샘플링 주파수이다.  $M$ 은 FFT 포인트 수,  $b$ 는 FFT bin,  $t_s$ 는 스위프 시간이다.

[0057]  $f_s$  샘플링 주파수와  $b$ 는 FFT bin,  $t_s$ 는 스위프 시간은 시스템 설정값이다.

[0058] 따라서, 위상 변조되지 않은 믹싱신호부터 N차 위상 변조된 가상 신호들까지 하여 총 N+1개의 신호가 존재한다.

[0059] [수학적 식 6]

$$\theta_N = X_\theta + (360 \times N \times \frac{f_s}{M} b \times t_s)$$

[0060] 가상 신호 생성부에서 출력되는 N+1개의 신호는 모두 주파수 도메인으로 표현된다.

[0062] (C) 고속 푸리에 역변환부

[0063] 상기 가상 신호 생성부에서 출력된 N+1개의 신호가 고속 푸리에 역변환부로 입력된다. 고속 푸리에 역변환부에서는 상기 가상 신호 생성부에서 위상을 변조한 가상 신호들과 위상을 변조하지 않은 본래의 믹싱 신호를 각각 주파수 도메인에서 시간 도메인으로 변환한다.

[0064] 도 5는 고속 푸리에 역변환 하여 시간 도메인으로 나타낸 위상 변조하지 않은 본래의 믹싱 신호로, X축은 시간을 Y축은 신호의 amplitude를 나타낸다. 도 6의 X축과 Y축이 나타내는 바는 도 5와 동일하며, 도 6은 도 5를 1번 위상 변조를 한 가상 신호를 시간 도메인으로 변환한 것이다. 도 6의 X축의 시간 초기 값이 7( $\mu s$ )가 된 것을 통해 위상이 변조된 것을 확인 할 수 있다.

[0065] 고속 푸리에 역변환부에서 출력되는 N+1개의 신호들은 모두 시간 도메인으로 표현된다.

[0066] (D) 신호 합성부

[0067] 상기 고속 푸리에 역변환부에서 출력된 시간 도메인에서의 위상을 변조하지 않은 본래의 믹싱 신호와 위상 변조하여 생성된 가상 신호들이 신호 합성부의 입력이 된다.

[0068] 시간 도메인으로 변환한 본래의 믹싱 신호와 위상 변조한 가상 신호들을 합성한다. 이는 도 5와 도 6을 합성한 도 7과 같이 나타낼 수 있다. 상기 도 6은 위상을 1번 변조한 실시 예이다.

[0069] 본래의 믹싱 신호와 N번 위상을 변조하여 생성된 N개의 가상 신호를 합성하였을 때, N+1개의 위상을 합하여 생성되는 위상은 하기 수학적 식 7를 따른다.

[0070] 수학적 식 7은 본 발명에서의 위상 변조된 가상 신호들과 본래의 믹싱 신호를 모두 합성하였을 때의 위상이다.

[0071] [수학적 식 7]

$$\theta_T = \sum_{a=0}^N \sum_{b=0}^{M-1} X_\theta + (360 \times a \times \frac{f_s}{M} b \times t_s)$$

[0073] 수학적 식 7에서,  $\theta_T$ 는 본래의 믹싱 신호의 위상과 위상 변조된 가상 신호들의 위상을 합한 위상이고,  $X^\theta$ 는 위상

을 변조하지 않은 본래의 믹싱 신호의 위상을 나타낸 것이다.  $\alpha$ 는 위상 변조한 차수이다.  $f_s$ 는 샘플링 주파수 이고,  $M$ 는 믹싱 신호의 FFT 포인트 수이며,  $b$ 는 FFT bin을 나타낸 것이다.  $t_s$ 는 스윙 시간이다.

- [0074]  $f_s$  샘플링 주파수와  $b$ 는 FFT bin,  $t_s$ 는 스윙 시간은 시스템 설정값이다.
- [0075] 신호 합성부에서 출력되는 본래의 믹싱 신호와 가상 신호들을 합성하여 생성된 합성된 신호는 시간 도메인에서 표현된다.
- [0076] (E) 2차 고속 푸리에 변환부
- [0077] 2차 고속 푸리에 변환부는 상기 신호 합성부에서 출력된 합성된 신호를 입력으로 받는다. 2차 고속 푸리에 변환 하여 시간 도메인에서의 합성된 신호를 주파수 도메인으로 변환한다. 이는 1차 고속 푸리에 변환과 동일한 원리 이다.
- [0078] 이에 따라서, 상기 N개의 위상 변조된 가상 신호와 본래의 믹싱 신호 합성한 후 2차 고속 푸리에 변환하게 되면 총  $(N+1) \times M$ 개의 FFT 포인트 수가 생성된다. 이는 수학적 식 5에 적용하여 거리 해상도가 개선 됨을 알 수 있 다.
- [0079] 도 8은 위상 변조하여 생성한 가상 신호를 합성하지 않은 본래의 믹싱 신호를 고속 푸리에 변환하여 주파수 도 메인으로 나타낸 것이다.(1차 고속 푸리에 변환부)
- [0080] 도 9는 본 발명에서 위상 변조하여 생성한 가상 신호와 본래의 믹싱 신호를 합성한 신호를 고속 푸리에 변환하 여 주파수 도메인으로 나타낸 것이다.
- [0081] 2.2. 본 발명의 방법
- [0082] 본 발명에서 FMCW 레이더의 거리 해상도를 향상하는 방법에 대하여 설명한다.
- [0083] (A) 수집 단계
- [0084] 본 발명은 FMCW 레이더에서 송출한 처프 신호를 송신 신호로 하고 상기 송신 신호가 타겟 물체와 충돌한 후 반 사되어 돌아오는 수신 신호로 하며, 상기 송수신 신호를 수집하는 단계로 구성되어 있다. 수집 단계에서의 송신 신호와 수신 신호는 시간 도메인에서 표현된다.
- [0085] (B) 믹싱 단계
- [0086] 믹싱단계는 상기 수집 단계에서 수집한 송신 신호와 수신 신호를 입력으로 받고, 송신 신호와 수신 신호를 중첩 시키는 단계이다. 믹싱 신호는 송신 신호와 수신 신호를 중첩하면서 비트 주파수를 생성한다. 상기 비트 주파수 는 종래와 같이, 거리에 대한 정보를 가지고 있다.
- [0087] (C) . 믹싱 단계에서의 출력되는 믹싱 신호는 시간 도메인에서 표현된다. 1차 고속 푸리에 변환 단계
- [0088] 상기 믹싱 단계에서 생성된 믹싱 신호를 입력으로 받아 1차 고속 푸리에 변환한다. 이는, 상기 믹싱 단계에서 시간 도메인으로 표현된 믹싱 신호를 주파수 도메인으로 변환하는 과정이다. 본 발명에서는 믹싱 신호의 위상을 변조하기 위하여 필요한 단계이다. 1차 고속 푸리에 변환단계에서 출력되는 믹싱 신호는 주파수 도메인으로 표 현된다.
- [0089] (D) 가상 신호 생성 단계
- [0090] 가상 신호 생성 단계는 상기 1차 고속 푸리에 변환 단계에서 출력된 주파수 도메인에서의 믹싱 신호의 위상을 변조하여 가상 신호를 생성한다.
- [0091] 가상 신호는 주파수 도메인으로 변환된 본래의 믹싱 신호를 N차 위상 변조하여 생성되고, 가상 신호의 개수는 사용자가 지정할 수 있다. 예를 들어 사용자가 N차 위상 변조를 하게 될 때, 총 N개의 가상 신호가 생성된다. 이에 따라 위상 변조하지 않은 본래의 믹싱 신호와 본래의 믹싱 신호를 N번 위상 변조하여 생성된 N개의 가상 신호들은 합하여 N+1개의 신호를 획득한다.
- [0092] N차 위상 변조하여 생성된 가상 신호의 위상은 상기 수학적 식 6을 따른다. 또한, 상기 수학적 식 6에 따라 각각의 가 상 신호들의 위상은 서로 다르게 변조된다.

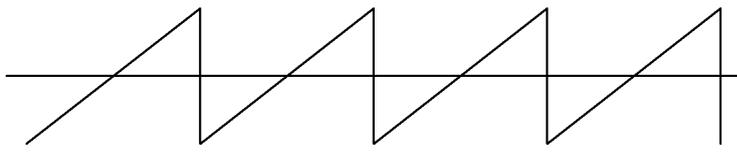
- [0093] 가상 신호 생성단계에서 출력되는 N+1개의 신호는 모두 주파수 도메인으로 표현된다.
- [0094] (E) 고속 푸리에 역변환 단계
- [0095] 고속 푸리에 역변환 단계에서는 상기 가상 신호 생성 단계에서 출력된 N+1개의 신호(위상을 변조하지 않은 본래의 신호와 위상 변조하여 생성된 가상 신호)들을 입력 받는다. 고속 푸리에 역변환부에서는 상기 가상 신호 생성부에서 위상을 변조한 가상 신호들과 위상을 변조하지 않은 본래의 믹싱 신호를 각각 주파수 도메인에서 시간 도메인으로 변환한다. 이에, 고속 푸리에 역변환 단계에서 출력되는 위상 변조하지 않은 본래의 신호와 N번 위상 변조하여 생성된 N개의 가상 신호 들은 시간 도메인으로 표현된다.
- [0096] (F) 신호 합성 단계
- [0097] 신호 합성 단계에서는 상기 고속 푸리에 역변환 단계에서 출력된 시간 도메인에서의 N+1개의 신호(위상을 변조하지 않은 본래의 신호와 N번 위상 변조하여 생성된 N개의 가상 신호)들을 입력으로 받는다.
- [0098] 신호 합성 단계에서는 시간 도메인에서의 총 N+1개의 신호(위상을 변조하지 않은 본래의 신호와 N번 위상 변조하여 생성된 N개의 가상 신호)들을 모두 합성하는 과정이다. 이에, 위상을 변조하지 않은 본래의 신호와 N번 위상 변조하여 생성된 N개의 가상 신호들을 합성하여 합성된 신호를 생성한다.
- [0099] 본래의 믹싱 신호와 N번 위상을 변조하여 생성된 N개의 가상 신호를 합성하였을 때, N+1개의 위상을 합하여 생성되는 위상은 상기 수학식 7을 따른다.
- [0100] 신호 합성 단계에서 생성되어 출력되는 합성된 신호는 시간 도메인에서 표현된다.
- [0101] (G) 2차 고속 푸리에 변환 단계
- [0102] 2차 고속 푸리에 변환 단계에는 상기 신호 합성 단계에서 출력된 합성된 신호가 입력된다.
- [0103] 2차 고속 푸리에 변환 단계는 합성된 신호를 2차 고속 푸리에 변환하여 시간 도메인에서의 주파수 도메인으로 변환하는 과정이다. 이는 1차 고속 푸리에 변환과 동일한 원리이다.
- [0104] 이에 따라서, 상기 N개의 위상 변조된 가상 신호와 본래의 믹싱 신호 합성한 후 2차 고속 푸리에 변환하게 되었기때문에 총  $(N+1) \times M$ 개의 FFT 포인트 수가 생성된다. 이는 수학식 5에 적용하여 거리 해상도가 개선 됨을 알 수 있다.
- [0105] (H) 거리 산출 단계
- [0106] 상기 2차 고속 푸리에 변환을 통하여 주파수 도메인으로 나타내진 합성 믹싱 신호에서 비트 주파수를 추출하여 거리를 산출한다. 거리 산출 단계는 종래의 비트 주파수를 추출하여 거리 산출하는 방법과 동일하다.
- [0107] 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**

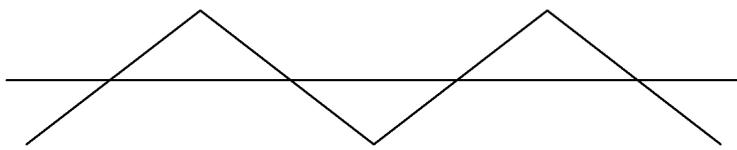
- [0109] 110 튜니파형
- 120 삼각파형
- 310 송신 신호
- 320 수신 신호
- 330 Fd(비트 주파수)
- 410 송신부
- 420 수신부
- 430 수집부
- 440 DSP

도면

도면1

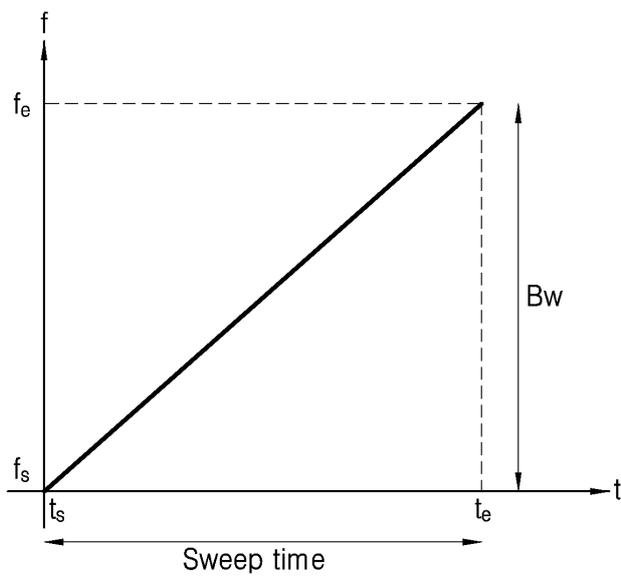


톱니 파형 (110)

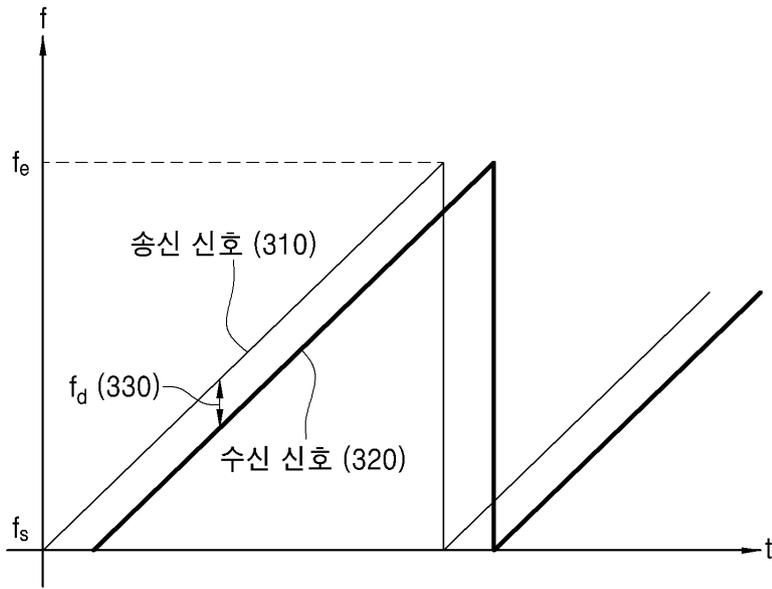


삼각 파형 (120)

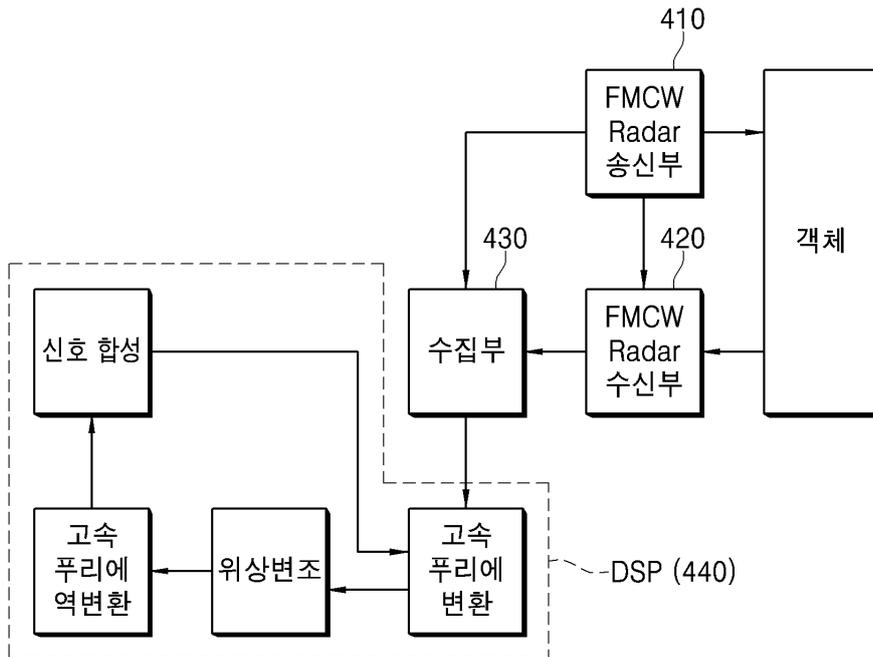
도면2



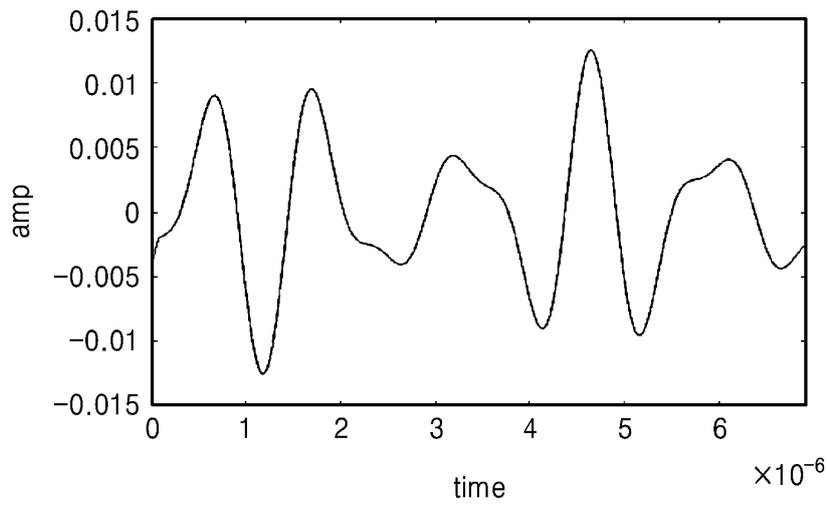
도면3



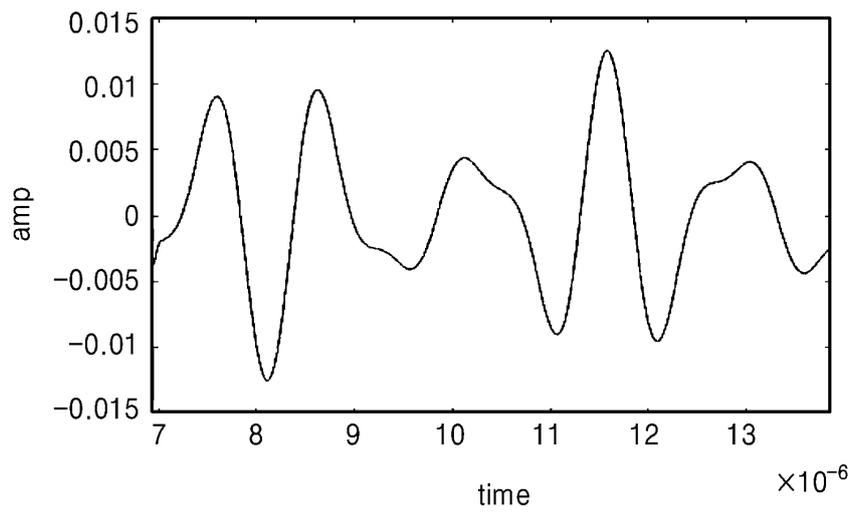
도면4



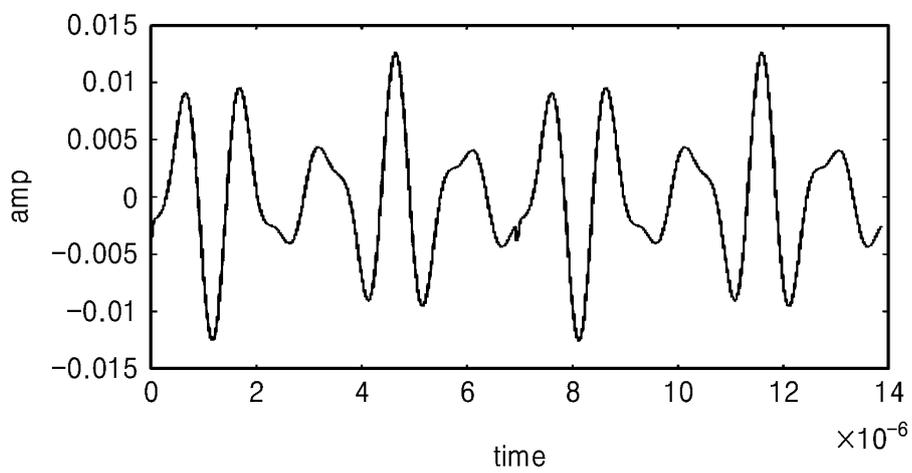
도면5



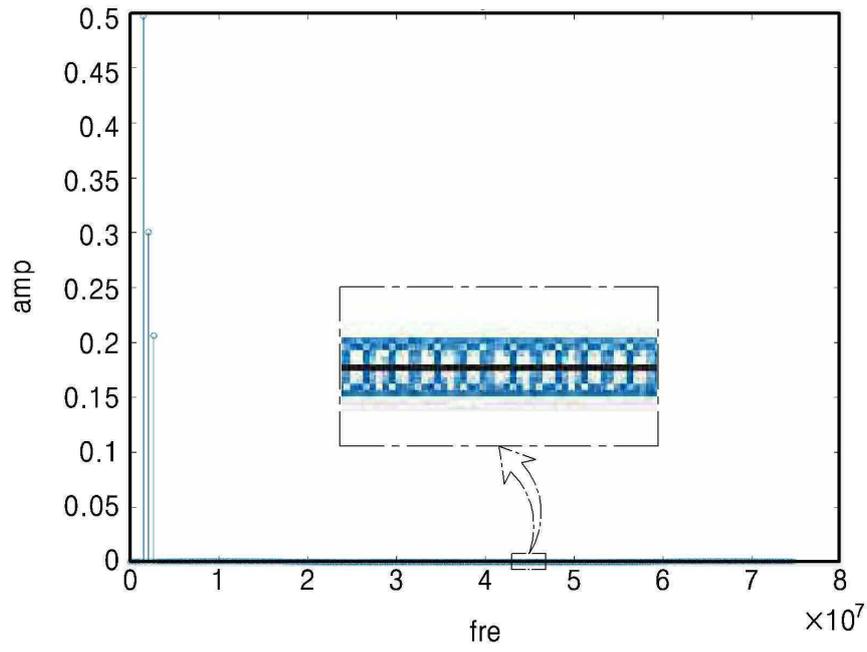
도면6



도면7



도면8



도면9

