



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년08월11일
(11) 등록번호 10-2288866
(24) 등록일자 2021년08월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 13/34 (2006.01) G01S 7/03 (2006.01)
G01S 7/35 (2006.01) G01S 7/40 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01S 13/34 (2021.01)
G01S 7/036 (2021.01)
(21) 출원번호 10-2021-0040970
(22) 출원일자 2021년03월30일
심사청구일자 2021년03월30일
(56) 선행기술조사문헌
KR100886613 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 13 항

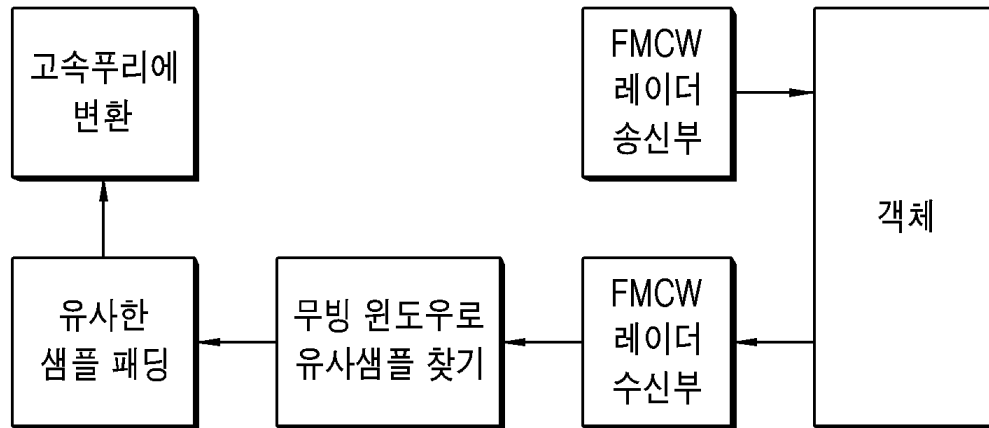
심사관 : 김민성

(54) 발명의 명칭 기존 레이더 정보를 이용한 거리해상도를 증가시키기 위한 방법

(57) 요약

FMCW 레이더에서 거리 정보를 포함하고 있는 비트 주파수를 고속 푸리에 변환하는 과정에서 비트 주파수를 가지고 있는 믹싱 신호의 마지막 샘플신호와 샘플 오차가 가장 작은 샘플 신호를 찾아 패딩하여 거리 정밀도를 향상한 발명

대표도 - 도7



(52) CPC특허분류
 G01S 7/356 (2021.05)
 G01S 7/40 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
 KR102205308 B1
 US20120287964 A1
 WO2016033361 A1
 JP2010014488 A
 KR1020160083276 A

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 5/10
 과제수행기관명 세종대학교 산학협력단
 연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345321135
 과제번호 2020R1A6A1A0303854011
 부처명 교육부
 과제관리(전문)기관명 한국연구재단
 연구사업명 대학중점연구소지원사업
 연구과제명 자율지능무인비행체연구소
 기여율 1/10
 과제수행기관명 세종대학교 산학협력단
 연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711116047
 과제번호 10080619
 부처명 산업통상자원부
 과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원
 연구사업명 전자정보디바이스산업원천기술개발(R&D)
 연구과제명 자동차 ADAS 및 자율주행 지원을 위한 핵심 IP 개발
 기여율 4/10
 과제수행기관명 한양대학교 에리카 산학협력단
 연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

FMCW 레이더 장치에 있어서,

레이더 신호를 생성하여 외부로 송출되는 송신 신호를 송신하는 송신부;

상기 송신 신호가 타겟 물체와 충돌 후 반사되어 수신되는 수신 신호를 수신하는 수신부;

상기 송신 신호와 수신 신호를 믹싱하여 2^N 개(N 은 자연수)의 샘플신호를 가지는 믹싱 신호를 생성하는 믹싱부;
및

상기 믹싱 신호로부터 비트 주파수를 추출하여 물체와 레이더의 거리를 산출하는 DSP;

를 포함하여 구성되며,

상기 DSP는,

상기 2^N 개의 샘플을 가지는 믹싱 신호로부터,

2^N 번째 샘플신호인 $X(2^N)$ 을 포함하여 역방향으로 S 개의 샘플신호를 취하여 윈도우로 설정하고,

2^N 개의 샘플신호중 소정의 타겟데이터를 설정하고, 설정된 타겟데이터 중 S 개의 샘플신호를 순차적으로 선정하여 상기 윈도우 내의 신호들의 크기와 비교하여, 샘플오차를 산출하고, 샘플오차가 가장 작은 샘플 신호부터 마지막 샘플신호까지를 패딩신호로 선정하여 마지막 샘플신호 이후에 패딩하여 거리 해상도를 개선하는 것을 특징으로 하는 레이더 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 DSP는,

타겟데이터 중 S 개의 샘플신호를 순차적으로 선정하여 상기 윈도우 내의 신호들의 크기와 비교함에 있어서,

첫번째 샘플신호 $X(1)$ 부터 중간 샘플신호 $X(2^N/2)$ 까지를 타겟 데이터로 설정하는 것을 특징으로 하는 레이더 장치.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 DSP는,

상기 타겟 데이터중 샘플 $X(i)(i=1, 2, \dots, 2^N/2)$ 부터 순차적으로 S 개의 샘플신호를 추출하여 상기 윈도우 내의 신호들의 크기와 비교하는 것을 특징으로 하는 레이더 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 샘플오차의 판단은 (수식 1)에 따라서 샘플오차를 계산하고, 샘플오차가 가장 작은 샘플을 유사

샘플(A)로 선정하는 것을 특징으로 하는 레이더 장치.

(수식 1)

$$\begin{aligned} \text{샘플오차} = & | \text{real}(X(i)) - \text{real}(X(2^N - S + 1)) | + | \text{real}(X((i + 1)) - \text{real}(X(2^N - S + 2)) | \\ & + \dots + | \text{real}(X(i + S - 1)) - \text{real}(X(2^N)) | + | \text{imag}(X(i)) - \text{imag}(X(2^N - S + 1)) | + \\ & | \text{imag}(X((i + 1)) - \text{imag}(X(2^N - S + 2)) | + \dots + | \text{imag}(X(i + S - 1)) - \text{imag}(X(2^N)) | \end{aligned}$$

($X(i)$ = 타겟 데이터 샘플($i=1,2,3,\dots,2^{N-1}$), $X(2^N)$ = 마지막 샘플, S = 윈도우 샘플 개수, $\text{real } X()$ = 샘플신호의 실수 성분, $\text{imag } X()$ = 샘플신호의 허수 성분)

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 유사 샘플(A)부터 마지막 샘플신호 $X(2^N)$ 까지 추출하여 1차 패딩하는 것을 특징으로 하는 레이더 장치.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 1차 패딩 이후 샘플신호의 총 개수가 2^{N+1} 가 될 수 있도록 2차 패딩하는 것을 특징으로 하는 레이더 장치.

청구항 7

FMCW 레이더 거리 산출 방법에 있어서,

레이더 신호를 생성하여 외부로 송출되는 송신 신호를 송신하는 송신 단계;

상기 송신 신호가 타겟 물체와 충돌 후 반사되어 수신되는 수신 신호를 수신하는 수신 단계;

상기 송신 신호와 수신 신호를 믹싱하여 2^N 개(N 은 자연수)의 샘플 신호를 가지는 믹싱 신호를 생성하는 믹싱 단계; 및

상기 믹싱 신호로부터 비트 주파수를 추출하여 물체와 레이더의 거리를 산출하는 거리 산출 단계;

를 포함하여 구성되며,

상기 거리산출단계는,

상기 2^N 개의 샘플을 가지는 믹싱 신호로부터,

2^N 번째 샘플신호인 $X(2^N)$ 을 포함하여 역방향으로 S 개의 샘플신호를 취하여 윈도우로 설정하고, 2^N 개의 샘플신호 중 소정의 타겟데이터를 설정하고, 설정된 타겟데이터 중 S 개의 샘플신호를 순차적으로 선정하여 상기 윈도우 내의 신호들의 크기와 비교하여, 샘플오차를 산출하고, 샘플오차가 가장 작은 샘플신호부터 마지막 샘플신호까지를 패딩신호로 선정하여 마지막 샘플신호 이후에 패딩하여 거리 해상도를 개선하는 것을 특징으로 하는 레이더 거리 산출 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 거리산출단계는,

타겟데이터 중 S개의 샘플신호를 순차적으로 선정하여 상기 윈도우 내의 신호들의 크기와 비교함에 있어서,

첫번째 샘플신호 $X(1)$ 부터 중간 샘플신호 $X(2^N/2)$ 까지를 타겟 데이터로 설정하는 하는 것을 특징으로 하는 레이더 거리 산출 방법.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 거리 산출 단계는,

상기 타겟 데이터중 샘플 $X(i)(i=1, 2, \dots, 2^N/2)$ 부터 순차적으로 S개의 샘플신호를 추출하여 상기 윈도우 내의 신호들의 크기와 비교하는 특징으로 하는 레이더 거리 산출 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 샘플오차의 판단은 (수식 1)에 따라서 샘플오차를 계산하고, 샘플오차가 가장 작은 샘플을 유사 샘플(A)로 선정하는 것을 특징으로 하는 레이더 거리 산출 방법.

(수식 1)

$$\begin{aligned} \text{샘플오차} = & | \text{real}(X(i)) - \text{real}(X(2^N - S + 1)) | + | \text{real}(X((i + 1)) - \text{real}(X(2^N - S + 2)) | \\ & + \dots + | \text{real}(X(i + S - 1)) - \text{real}(X(2^N)) | + | \text{imag}(X(i)) - \text{imag}(X(2^N - S + 1)) | + \\ & | \text{imag}(X((i + 1)) - \text{imag}(X(2^N - S + 2)) | + \dots + | \text{imag}(X(i + S - 1)) - \text{imag}(X(2^N)) | \end{aligned}$$

($X(i)$ = 타겟 데이터 샘플($i=1,2,3,\dots,2^{N-1}$), $X(2^N)$ = 마지막 샘플, S = 윈도우 샘플 개수, $\text{real } X()$ = 샘플신호의 실수 성분, $\text{imag } X()$ = 샘플신호의 허수 성분)

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 유사 샘플(A)부터 마지막 샘플신호 $X(2^N)$ 까지 추출하여 1차 패딩하는 것을 특징으로 하는 레이더 거리 산출 방법.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 패딩 이후 샘플신호의 총 개수가 2^{N+1} 가 될 수 있도록 2차 패딩하는 것을 특징으로 하는 레이더 거리 산출 방법.

청구항 13

제 7항에 있어서,
 상기 거리 산출 단계는,
 상기 패딩한 믹싱 신호를 고속 푸리에 변환한 후 비트 주파수를 추출하여 거리를 산출하는 것을 특징으로 하는 레이더 거리 산출 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 FMCW 레이더에서 거리 정밀도를 향상하기 위하여 신호를 패딩할 때, 신호 패딩이 매끄럽게 될 수 있도록 유사한 샘플을 찾아서 패딩하는 방법을 제공한다.

배경 기술

[0003] 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.

[0004] FMCW 레이더의 원리는, 신호를 송신하고 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.

[0005] 거리 정밀도를 향상하기 위해서는 고속 푸리에 변환을 통해 추출한 비트 주파수에서 주파수 해상도와 거리 해상도를 1 대 1 매칭시키고, 주파수 해상도를 향상을 위해 고속 푸리에 변환 포인트를 늘린다. 주파수 해상도와 거리 해상도의 1 대 1 대응으로 거리 해상도도 향상됨을 알 수 있다. 이에 고속 푸리에 변환 포인트 수를 늘리기 위하여 제로 패딩 또는 미러 패딩 기법을 적용할 수 있고, 이러한 패딩 기법의 원리는 믹싱 신호를 늘려 샘플링 수를 늘리는 방식이다.

[0006] 제로 패딩의 경우 믹싱 신호의 마지막 샘플 이후에 같은 믹싱 신호의 샘플 수만큼 진폭이 0인 신호를 주입하는 방법이고, 미러 패딩의 경우 마지막 믹싱 신호를 축으로 하여 본래의 믹싱 신호를 대칭으로 주입하는 것이다.

[0007] 이와 같이, 종래의 제로 및 미러 패딩은 신호를 패딩하는 마지막 샘플에서 불연속점이 발생하게 되고, 이러한 불연속점의 위상이 같지 않은 특성으로 인해서 FFT 후에 메인 로브(Main lobe) 이외의 주파수에서 사이드 로브(side lobe)가 발생하고 사이드 로브(side lobe)의 높은 분산도에 의해서 비트 주파수 신호 산출의 정확성이 떨어지게 되는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제10-2013-0051694호
 (특허문헌 0002) 국제공개특허 02016-108406호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 상기와 같은 문제를 해결하기 위하여 끝 샘플과 유사한 샘플을 추출하여, 유사한 샘플부터 시작하여 이후의 샘플들을 추출하여 패딩하는 과정을 반복하여 목표하는 샘플 수에 도달할 때까지 반복하여 거리 해상도

가 향상되는 발명을 제공한다

과제의 해결 수단

[0012] 상기와 같은 문제를 해결하기 위해 본 발명에서는, FMCW 레이더 장치에 있어서, 레이더 신호를 생성하여 외부로 송출되는 송신 신호를 송신하는 송신부; 상기 송신 신호가 타겟 물체와 충돌 후 반사되어 수신되는 수신 신호를 수신하는 수신부; 상기 송신 신호와 수신 신호를 믹싱하여 2^N 개(N은 자연수)의 샘플신호를 가지는 믹싱 신호를 생성하는 믹싱부; 및 상기 믹싱 신호로부터 비트 주파수를 추출하여 물체와 레이더의 거리를 산출하는 DSP; 를 포함하여 구성되며, 상기 DSP는, 상기 2^N 개의 샘플을 가지는 믹싱 신호로부터, 2^N 번째 샘플신호인 $X(2^N)$ 을 포함하여 역방향으로 S개의 샘플신호를 취하여 윈도우로 설정하고, 2^N 개의 샘플신호 중 소정의 타겟데이터를 설정하고, 설정된 타겟데이터 중 S개의 샘플신호를 순차적으로 선정하여 상기 윈도우 내의 신호들의 크기와 비교하여, 샘플오차를 산출하고, 샘플오차가 가장 작은 샘플신호부터 마지막 샘플신호까지를 패딩신호로 선정하여 마지막 샘플신호 이후에 패딩하여 거리 해상도를 개선하는 것을 특징으로 하는 레이더 장치를 수단으로 한다.

[0013] 구체적으로는, 상기 DSP는, 타겟데이터 중 S개의 샘플신호를 순차적으로 선정하여 상기 윈도우 내의 신호들의 크기와 비교함에 있어서, 첫번째 샘플신호 $X(1)$ 부터 중간 샘플신호 $X(2^N/2)$ 까지를 타겟 데이터로 설정하고, 상기 타겟 데이터중 샘플 $X(i)(i=1, 2, \dots, 2^N/2)$ 부터 순차적으로 S개의 샘플신호를 추출하여 상기 윈도우 내의 신호들의 크기와 비교하며, 상기 샘플오차의 판단은 (수식 1)에 따라서 샘플오차를 계산하고, 샘플오차가 가장 작은 샘플을 유사 샘플(A)로 선정한다.

[0014] (수식1)

$$\begin{aligned} \text{샘플오차} = & | \text{real}(X(i)) - \text{real}(X(2^N - S + 1)) | + | \text{real}(X((i + 1)) - \text{real}(X(2^N - S + 2)) | \\ & + \dots + | \text{real}(X(i + S - 1)) - \text{real}(X(2^N)) | + | \text{imag}(X(i)) - \text{imag}(X(2^N - S + 1)) | + \\ & | \text{imag}(X((i + 1)) - \text{imag}(X(2^N - S + 2)) | + \dots + | \text{imag}(X(i + S - 1)) - \text{imag}(X(2^N)) | \end{aligned}$$

[0015]

[0016] $X(i)$ = 타겟 데이터 샘플($i=1,2,3,\dots,2^{N-1}$), $X(2^N)$ = 마지막 샘플, S= 윈도우 샘플 개수, $\text{real } X()$ = 샘플신호의 실수 성분, $\text{imag } X()$ = 샘플신호의 허수 성분)

[0017] 추가로, 상기 유사 샘플(A)부터 마지막 샘플신호 $X(2^N)$ 까지 추출하여 1차 패딩한 후, 상기 패딩 이후 샘플신호의 총 개수가 2^{N+1} 가 될 수 있도록 2차 패딩하는 것을 특징으로 하는 레이더 장치이다.

[0018] 또한, FMCW 레이더 거리 산출 방법에 있어서, 레이더 신호를 생성하여 외부로 송출되는 송신 신호를 송신하는 송신 단계; 상기 송신 신호가 타겟 물체와 충돌 후 반사되어 수신되는 수신 신호를 수신하는 수신 단계; 상기 송신 신호와 수신 신호를 믹싱하여 2^N 개(N은 자연수)의 샘플 신호를 가지는 믹싱 신호를 생성하는 믹싱 단계; 및 상기 믹싱 신호로부터 비트 주파수를 추출하여 물체와 레이더의 거리를 산출하는 거리 산출 단계; 를 포함하여 구성되며, 상기 거리산출단계는, 상기 2^N 개의 샘플을 가지는 믹싱 신호로부터, 2^N 번째 샘플신호인 $X(2^N)$ 을 포함하여 역방향으로 S개의 샘플신호를 취하여 윈도우로 설정하고, 2^N 개의 샘플신호 중 소정의 타겟데이터를 설정하고, 설정된 타겟데이터 중 S개의 샘플신호를 순차적으로 선정하여 상기 윈도우 내의 신호들의 크기와 비교하여, 샘플오차를 산출하고, 샘플오차가 가장 작은 샘플신호부터 마지막 샘플신호까지를 패딩신호로 선정하여 마지막 샘플신호 이후에 패딩하여 거리 해상도를 개선하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 더 구체적으로 설명하면, 상기 거리산출단계는, 타겟데이터 중 S개의 샘플신호를 순차적으로 선정하여 상기 윈도우 내의 신호들의 크기와 비교함에 있어서, 첫번째 샘플신호 $X(1)$ 부터 중간 샘플신호 $X(2^N/2)$ 까지를 타겟 데이터로 설정하는 하고, 상기 타겟 데이터중 샘플 $X(i)(i=1, 2, \dots, 2^N/2)$ 부터 순차적으로 S개의 샘플신호를 추출하여 상기 윈도우 내의 신호들의 크기와 비교하며, 상기 샘플오차의 판단은 (수식 1)에 따라서 샘플오차를 계산하고, 샘플오차가 가장 작은 샘플을 유사 샘플(A)로 선정한다.

[0020] (수식 1)

$$\begin{aligned} \text{샘플오차} = & | \text{real}(X(i)) - \text{real}(X(2^N - S + 1)) | + | \text{real} X((i + 1)) - \text{real}(X(2^N - S + 2)) | \\ & + \dots + | \text{real}(X(i + S - 1)) - \text{real}(X(2^N)) | + | \text{imag}(X(i)) - \text{imag}(X(2^N - S + 1)) | + \\ & | \text{imag} X((i + 1)) - \text{imag}(X(2^N - S + 2)) | + \dots + | \text{imag}(X(i + S - 1)) - \text{imag}(X(2^N)) | \end{aligned}$$

[0021]

[0022] $X(i)$ = 타겟 데이터 샘플($i=1,2,3,\dots,2^{N-1}$), $X(2^N)$ = 마지막 샘플, S = 윈도우 샘플 개수, $\text{real} X()$ = 샘플신호의 실수 성분, $\text{imag} X()$ = 샘플신호의 허수 성분)

[0023] 또한, 상기 유사 샘플(A)부터 마지막 샘플신호 $X(2^N)$ 까지 추출하여 1차 패딩한 후, 상기 패딩 이후 샘플신호의 총 개수가 2^{N+1} 가 될 수 있도록 2차 패딩하며, 상기 패딩한 믹싱 신호를 고속 푸리에 변환한 후 비트 주파수를 추출하여 거리를 산출한다.

발명의 효과

[0025] 종래 기술에서 적용하는 제로 패딩 기법 및 미러 패딩 기법에서는 고속 푸리에 변환 후 사이드 로브(side lobe)가 발생하여 원하는 비트 주파수를 추출하지 못하는 문제가 있었다. 이에 본 발명에서는 패딩 기법 이후에 생성되는 샘플링 신호의 매끄럽지 못한 부분을 제거하여 고속 푸리에 변환 이후에 발생하는 사이드 로브(side lobe)로의 분산이 작아져 정확한 비트 주파수를 추출하여 거리 정보를 구할 수 있어 거리 정밀도가 향상된다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 FMCW 레이더의 송수신기 구성이다.
- 도 2는 거리 해상도와 주파수 해상도의 관계를 나타낸 그래프이다.
- 도 3은 기본 샘플링 신호에 대하여 시간 영역에서의 각 샘플들의 진폭 및 이를 고속 푸리에 변환하여 주파수 영역으로 나타낸 그래프이다.
- 도 4는 도 3의 샘플링 신호에 대하여 제로 패딩을 적용한 후, 시간 영역과 주파수 영역으로 나타낸 것이다.
- 도 5는 도 3의 샘플링 신호에 대하여, 종래 미러 패딩 기법을 사용한 신호 그래프이다.
- 도 6은 도 3의 샘플링 신호에 대하여 종래의 미러 패딩을 적용한 후, 시간 영역과 주파수 영역으로 나타낸 것이다.
- 도 7은 본원 발명의 블록도이다.
- 도 8은 본원 발명에서 믹싱 신호의 실수부, 허수부에서의 무빙 윈도우를 나타낸 것이다.
- 도 9는 본원 발명의 실시 예로, 유사한 샘플을 찾아 마지막 샘플까지를 패딩 한 것을 나타낸 것이다.
- 도 10은 본원 발명의 실시 예로, 1차 패딩, 2차 패딩 한 후에 믹싱 신호를 고속 푸리에 변환한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 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.

- [0029] 1.FMCW 레이더의 거리 측정 방법
- [0030] 1.1.FMCW 레이더의 송수신기 구성과 신호 처리 방법

[0031] FMCW 레이더는 도 1과 같이 파형 신호를 만드는 파형 발생기(Wave Generator)(101), 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하는 DAC(Digital Analog Converter)(102), 파형 신호를 톱니파 또는 삼각파로 변형하는 VCO(Voltage Control Oscillator)(103), 송수신 신호를 증폭하는 AMP(Amplifier)(104,105), 수신된 신호의 노이즈를 제거해

주는 LPF(Low Pass Filter)(106), 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환해주는 ADC(Analog Digital Converter)(107), 신호를 고속 푸리에 변환해주는 DSP(Digital Signal Processor)(108)로 구성된다.

[0032] FMCW 레이더의 신호 처리 방식을 설명하면, 파형 발생기에서 파형을 생성하여 DAC를 지나 디지털 파형을 아날로그 파형으로 전환하고, 이 아날로그 파형을 VCO에서 톱니파 또는 삼각파형으로 변환한 후 AMP에서 증폭된 신호를 송신하면, 송신신호가 물체와 부딪힌 후 반사되어 돌아오게 된다. 반사파는 수신 신호가 되고, 수신 신호를 AMP에서 증폭한 후 송신 신호와 믹싱한다. 다음으로 믹싱된 신호를 LPF를 통과시킨 후, 노이즈는 제거하고 비트 주파수를 추출한다.

[0033] 비트 주파수는 도플러 효과의 영향으로 레이더와 물체 사이의 거리 및 상대 속도에 대한 정보를 가지고 있으며, 송신 신호와 수신 신호가 중첩된 신호에서 추출되는 주파수이다.

[0034] 이러한 비트 주파수는 ADC를 통하여 디지털 신호로 변환된 후 DSP에서 고속 푸리에 변환되어, 이로부터 거리 정보를 추출할 수 있게 한다.

[0035] 이와 같이 FMCW 레이더의 신호 처리 방법과 송수신기 구성이 간단하여 지능형 운전자 보호 시스템에 유용하게 사용된다.

[0036] 1.2. 고속 푸리에 변환

[0037] 고속 푸리에 변환은 시간 영역으로 이루어진 신호를 주파수 영역으로 변환하는 것이다.

[0038] 본 발명에서는 여러 주파수가 중첩된 비트 주파수를 DSP에서 주파수 영역에서 분해하여 비트주파수가 담고 있는 거리 정보를 추출한다. 고속 푸리에 변환에서의 샘플링 수가 증가하면 주파수 해상도가 높아져 신호에 대한 정밀한 변환이 가능하다.

[0039] 1.3. 비트주파수

[0040] 비트 주파수란, 주파수가 비슷한 두 진동이 중첩되어 규칙적으로 커졌다 작아졌다를 반복하는 지점의 주파수이다. 비트 주파수는 중첩되는 신호의 각 주파수의 차이로 볼 수도 있다. FMCW 레이더에서 송신된 신호와 수신된 신호가 믹싱되므로 비트 주파수가 생성된다. 이러한 비트 주파수는 도플러 효과에 의해서 거리와 상대 속도 정보를 가지고 있다.

[0041] 도플러 효과(Dopler Shift)란, 파동원과 관찰자의 상대 속도에 따라 주파수와 파장이 바뀌는 현상이다. 이로써 거리에 대한 정보를 고속 푸리에 변환하여 비트 주파수를 알게 되면 얻을 수 있다.

[0042] [수학식 1]

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

[0043] [0044] 상기 수학식 1은 비트 주파수에 관한 식이다. f_b 는 비트 주파수를 나타낸다. BW는 레이더의 변조 대역폭이며, C는 빛의 속도로 정해져 있는 상수이다. R은 레이더와 물체 사이의 거리이며, T_m 는 신호의 전송시간이다. 수학식 1에서 레이더와 물체 사이의 거리를 제외한 다른 변수들은 상수로 비트 주파수는 레이더와 물체 사이의 거리가 서로 비례함을 알 수 있다. 비트 주파수를 통하여 레이더와 물체 사이의 거리 정보를 구하기 위하여 상기 수학식 1을 수학식 2로 변형하였다.

[0045] [수학식 2]

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

[0046] [0047] 수학식 2는 거리 간격 또는 거리 해상도에 관한 식이다. R_r 는 거리 해상도이다. BW는 레이더의 변조 대역폭이며, C는 빛의 속도로 정해져 있는 상수이다. T_m 는 신호의 전송시간이고, Δf 는 고속 푸리에 변환할 때 주파수 간격이며 주파수 해상도라고도 한다. 수학식 2에서 C, T_m , BW는 모두 상수이며, 거리 해상도와 주파수 해상도가 서로 비례함을 알 수 있다. 이에 도 2와 같이 주파수 해상도(220)와 거리 해상도(210)를 1 대 1 대응시

$$\Delta f = \frac{F_s}{2^N}$$

켜 거리 해상도를 향상시킬 수 있다. 즉, 주파수 해상도가 향상되면 거리 해상도가 향상된다. 산되며 F_s 는 고속 푸리에 샘플링 속도, 2^N 는 샘플링 수이다. 이에 2^N 인 샘플링 수를 늘리게 되면 주파수 간격이 작아지고 더 정밀한 거리 해상도가 된다.

[0048] 2. 종래기술

[0049] 2.1. 제로 패딩 기법

[0050] 본 발명에서의 실시 예에서는 단일 물체를 감지하면 시간 영역에서 샘플링 신호가 정현파 형태인 것을 적용하여 나타내었다. 도 3 (a)는 샘플링 수 256개로 구성된 패딩 기법을 사용하지 않은 시간 영역에서의 비트 주파수 신호를 나타내는 예이다. 256개로 구성된 샘플링 수를 고속 푸리에 변환하여 주파수 영역에서 나타낸 것이 도 3 (b)이다.

[0051] 도 3 (b)에서 비트 주파수 신호에서 사이드 로브(side lobe)가 많이 발생하고, 사이드 로브(side lobe)의 크기가 커서 메인 로브(Main lobe)과 구별이 어렵다.

[0052] 이에 도 4 (a)와 같이 샘플링 수를 늘리기 위하여 256개의 샘플링을 추가로 진행한다. 크기가 0이고 샘플링 수가 256개인 신호를 추가하는 것을 제로 패딩 기법이라고 한다. 이에 도 4 (a)에서 시간 영역에서 샘플링 수가 512개인 비트 주파수 신호가 만들었고, 이 비트 주파수 신호를 고속 푸리에 변환하여 주파수 영역에 표현한 예가 도 4 (b)이다.

[0053] 고속 푸리에 변환하여 주파수 영역에 나타낸 도 4 (b)는 도 3(b)보다는 적지만 여전히 사이드 로브(side lobe)가 발생함을 확인 할 수 있다.

[0054] 2.2. 미러 패딩 기법

[0055] 미러 패딩이란, 도 5와 같이 시간 영역에서 샘플링된 신호들(송신신호와 수신신호를 믹싱하고 AD 변환한 신호) 샘플링 신호의 마지막 샘플링 신호의 끝점을 축으로 하여 그래프상에서 좌측에 보여지는 기존 샘플링 신호를 y 축 대칭하여 연장하여 FFT의 샘플링 포인트의 수를 늘리는 기법이다. 하지만, 미러 패딩 기법 역시 도 5에서 표시한 곳과 같이 미러링의 기준이 되는 마지막 샘플링 신호에서 미러 패딩 후 발생하는 매끄럽지 않은 구간에 의해 사이드 로브(side lobe)가 발생하게 된다. 단, 도 5는 ADC를 통과하여 각 샘플에서 점으로 형성된 신호를 연결하여 연속성 있게 표현하여 나타낸 것이다.

[0056] 예를 들어 도 6 (a)와 같이 256번째 샘플을 기준으로 미러 패딩을 한 경우, 시간 영역으로 나타낸 신호에서 x축은 샘플링 수로 나타낼 때, 위상은 다르나 크기가 같은 구간이 발생하게 된다. 이러한 구간은 도 6 (b)에서와 같이 고속 푸리에 변환하여 주파수 영역으로 표현하면 사이드 로브가 발생하게 된다.

[0057] 3. 본원 발명

[0058] 본원 발명은 종래의 제로 패딩과 미러 패딩에서 발생하는 불연속 영역을 제거하기 위해 유사한 샘플을 찾아 패딩하는 것에 관한 발명이다.

[0059] 본원 발명은 도 1과 같이 구성되는 FMCW 레이더이며, 레이더 신호를 송신하는 송신부와 송신 신호가 타겟 물체와 충돌 후 반사되어 돌아오는 수신 신호로 하는 수신 신호를 수집하는 수신부로 구성되고, 송신 신호와 수신 신호를 믹싱하여 믹싱 신호를 생성하는 믹싱부, 믹싱 신호로부터 비트 주파수를 추출하여 레이더와 타겟 물체와 이 거리를 산출하는 DSP로 구성된다.

[0060] 믹싱 신호는 실수와 허수로 나타내어져 DSP로 입력된다. 믹싱 신호가 실수와 허수로 나타내지는 것은 종래의 레이더 신호가 DSP로 입력되는 것과 동일하다.

[0061] 본원 발명의 유사한 샘플을 구해 패딩하는 것은 DSP에서 진행된다.

[0062] 도 7은 끝 샘플과 유사한 샘플을 찾아 패딩하는 본원 발명에 대한 블록도이다.

[0063] 3.1. 무빙 윈도우(Moving Window)

[0064] 도 8은 믹싱 신호의 무빙 윈도우를 나타낸 것이다. 본원 발명에서 무빙 윈도우(Moving Window) 하여 끝 샘플과 유사한 샘플을 추출한다. 도 8 (a)는 믹싱 신호의 실수 성분을 나타낸 그래프이고, 도 8 (b)는 믹싱 신호의 허

수 성분을 나타낸 그래프이다.

[0065] 무빙 윈도우(Moving Window)란, 본래의 신호에서 윈도우를 추출하여, 타겟 데이터가 윈도우를 지나가며 샘플오차를 분석하여 유사한 데이터를 추출하는 과정을 말한다. 윈도우(810) 즉, 창을 의미하며 윈도우(810)와 타겟 데이터(820)를 비교하여 샘플오차를 확인하는 것이다.

[0066] 본 발명에서는 끝 샘플 이전의 소정의 샘플부터 끝 샘플 까지를 윈도우(810)라고 하고, 기존의 믹싱 신호를 타겟 데이터(820)라고 한다. 윈도우가 될 샘플의 개수는 설정 값이다.

[0067] 고속 푸리에 변환을 수행하기 위해서 샘플 수는 2의 거듭제곱 형태가 되어야 한다. 이에 본원 발명에서는 샘플 수를 2^N 으로 나타낸다.

[0068] 윈도우가 될 샘플의 개수를 3개일 때를 예로 하여 상세히 기재한다. 윈도우는 샘플 2^N-2 , 샘플 2^N-1 , 샘플 2^N (마지막 샘플) 이다. 타겟 데이터는 기존의 믹싱 신호이며, 타겟 데이터의 영역도 한정한다. 믹싱 신호의 첫번째 샘플부터(마지막 샘플/2)인 샘플까지가 타겟 데이터이다. 즉, 256개의 샘플 일 때, 샘플 1~128까지가 타겟 데이터인 것이다.

[0069] 샘플 1~128까지의 타겟 데이터(820)를 윈도우가 지나가면서 샘플오차를 확인하고, 샘플오차 값이 가장 작은 샘플 위치를 찾아 유사한 샘플로 추출한다.

[0070] 샘플오차는 하기 수학적 식 3과 같이 구할 수 있다.

[0071] [수학적 식 3]

$$\begin{aligned} \text{샘플오차} = & | \text{real}(X(i)) - \text{real}(X(2^N - S + 1)) | + | \text{real} X((i + 1)) - \text{real}(X(2^N - S + 2)) | \\ & + \dots + | \text{real}(X(i + S - 1)) - \text{real}(X(2^N)) | + | \text{imag}(X(i)) - \text{imag}(X(2^N - S + 1)) | + \\ & | \text{imag} X((i + 1)) - \text{imag}(X(2^N - S + 2)) | + \dots + | \text{imag}(X(i + S - 1)) - \text{imag}(X(2^N)) | \end{aligned}$$

[0072]

[0073] $(X(i))=$ 타겟 데이터 샘플($i=1,2,3,\dots,2^{N-1}$), $X(2^N)=$ 마지막 샘플, $S=$ 윈도우 샘플 개수, $\text{real} X()=$ 샘플신호의 실수 성분, $\text{imag} X()=$ 샘플신호의 허수 성분

[0075] 본원 발명에서 윈도우 샘플을 3개로 하였을 때의 샘플오차 식은 하기 수학적 식 4와 같다.

[0076] [수학적 식 4]

$$\begin{aligned} \text{샘플오차} = & | \text{real}(X(i)) - \text{real}(X(2^N - 2)) | + | \text{real} X((i + 1)) - \text{real}(X(2^N - \\ & 1)) | + \dots + | \text{real}(X(i + 2)) - \text{real}(X(2^N)) | + | \text{imag}(X(i)) - \text{imag}(X(2^N - 2)) | + \\ & | \text{imag} X((i + 1)) - \text{imag}(X(2^N - 1)) | + \dots + | \text{imag}(X(i + 2)) - \text{imag}(X(2^N)) | \end{aligned}$$

[0077]

[0078] $(X(i))=$ 타겟 데이터 샘플($i=1,2,3,\dots,2^{N-1}$), $X(2^N) =$ 마지막 샘플, 윈도우 샘플 개수=3, $\text{real} X()=$ 샘플신호의 실수 성분, $\text{imag} X()=$ 샘플신호의 허수 성분

[0079] 상기와 같이, 샘플오차가 가장 작은 유사한 샘플 (A)를 찾은 후, 유사한 샘플 (A)부터 마지막 샘플 (2^N)까지의 샘플을 추출하여 1차 패딩을 진행한다. 1차 패딩은 2^N-A+1 개의 샘플을 마지막 샘플 2^N 이후 패딩하는 것이다. 1차 패딩 이후 샘플 총 개수는 $2^{N+1}-A+1$ 이다. 따라서, 추가로 A-1개의 샘플을 패딩하여야 하고, 샘플 A부터 샘플 $2A-2$ 을 추가로 패딩하며, 이를 2차 패딩이라 한다.

[0080] 도 9은 도 8에서 찾은 유사한 샘플부터 마지막 샘플까지를 패딩한 것을 나타낸 것이다. 도 9 (a)는 패딩한 믹싱 신호의 실수 성분이고, 도 9 (b)는 패딩한 믹싱 신호의 허수 성분이다.

[0081] 유사한 샘플이 존재하는 샘플에 따라서 패딩 후 샘플의 수 다를 수 있다. 한편, 패딩을 너무 많이 하게 되면 신호 간섭이 증가할 수 있어, 본 발명에서의 패딩 후 샘플 수를 2^{N+1} 로 한정할 수 있다.

[0082] 도 10은 본 발명에서 유사한 샘플을 패딩한 후 고속 푸리에 변환한 것이다. 도 10에서는 고속 푸리에 변환 샘플링 수가 증가 한 것을 확인할 수 있으며, 사이드 로브(side lobe)의 분산이 작아져 메인 로브(Main lobe)가 더 뚜렷하게 발생하는 것을 확인할 수 있다.

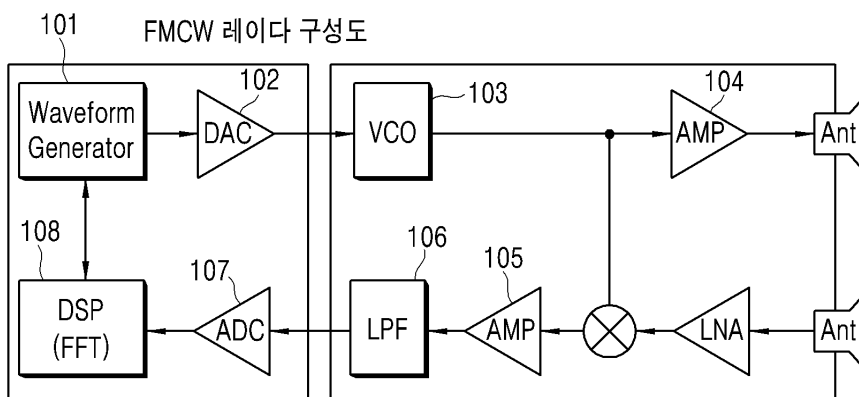
[0083] 한편, 본 발명의 기술적 사상은 상기 실시 예에 따라 구체적으로 기술되었으나, 상기 실시 예는 그 설명을 위한 것이며, 그 제한을 위한 것이 아님을 주의해야 한다. 또한, 본 발명의 기술분야에서 당업자는 본 발명의 기술 사상의 범위 내에서 다양한 실시 예가 가능함을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

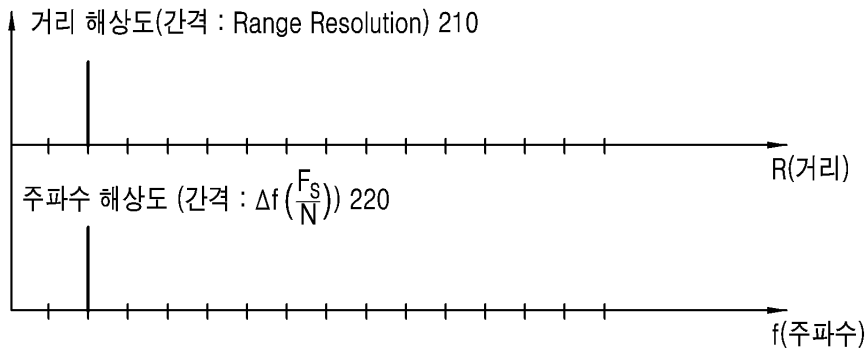
- [0085] 101 파형발생기
- 102 디지털 아날로그 변환기(DAC)
- 103 Voltage Control Oscillator (VCO)
- 104 Amplifier (AMP)
- 105 Amplifier (AMP)
- 106 LowPassFilter (LPF)
- 107 아날로그 디지털 변환기(ADC)
- 108 Digital Signal Processor(DSP)
- 210 거리 해상도
- 220 주파수 해상도
- 810 윈도우
- 820 타겟 데이터
- 830 유사한 샘플 (A)

도면

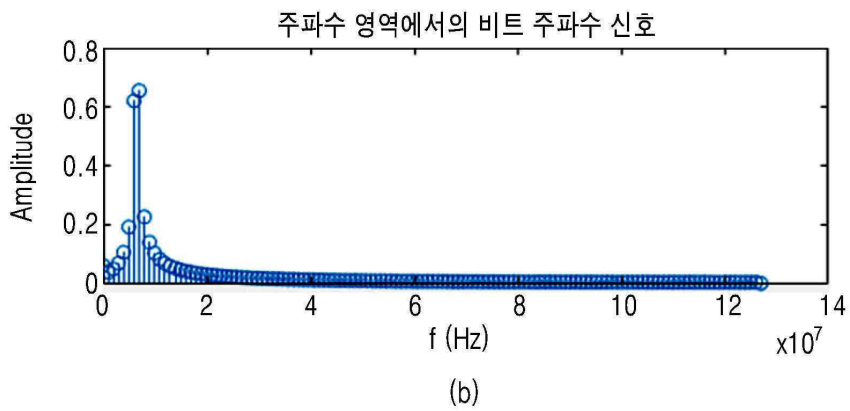
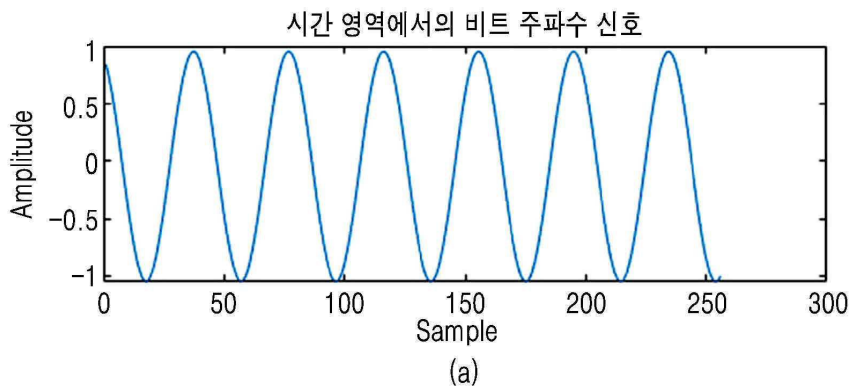
도면1



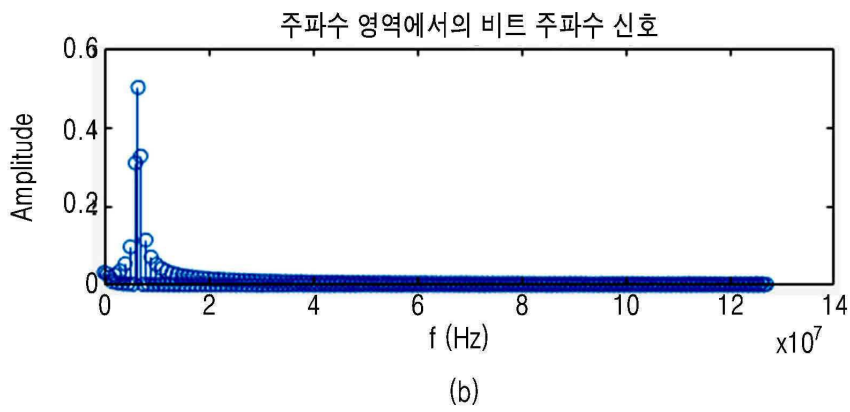
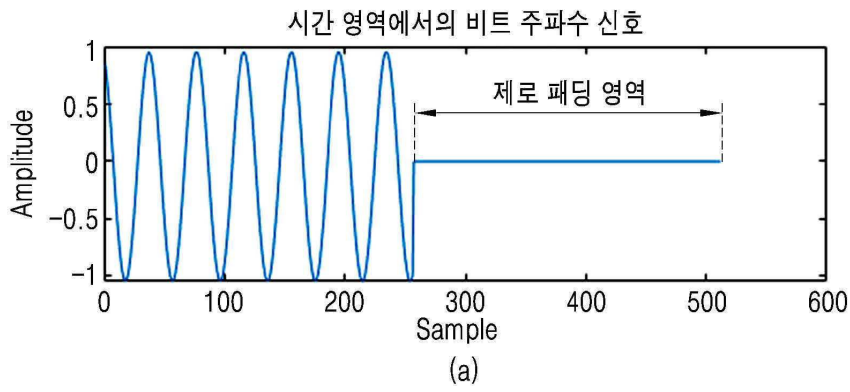
도면2



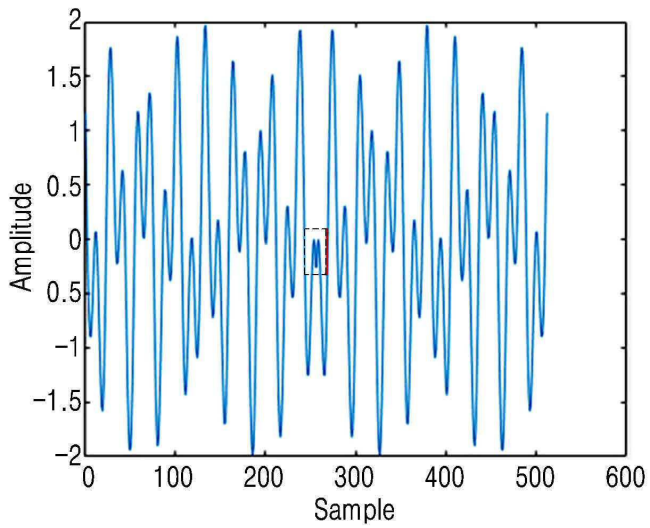
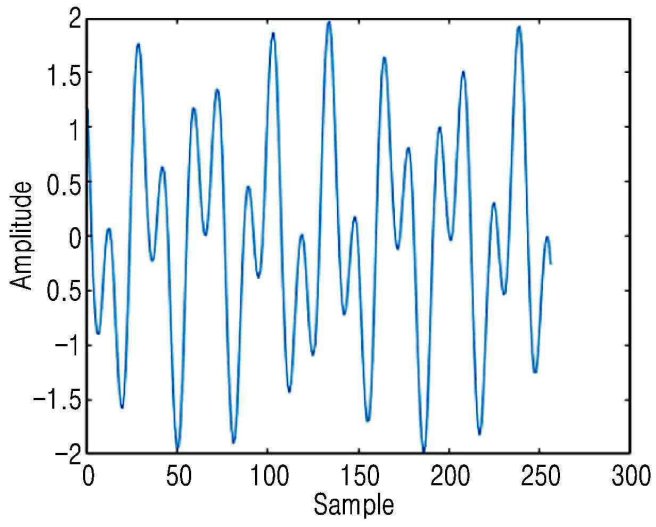
도면3



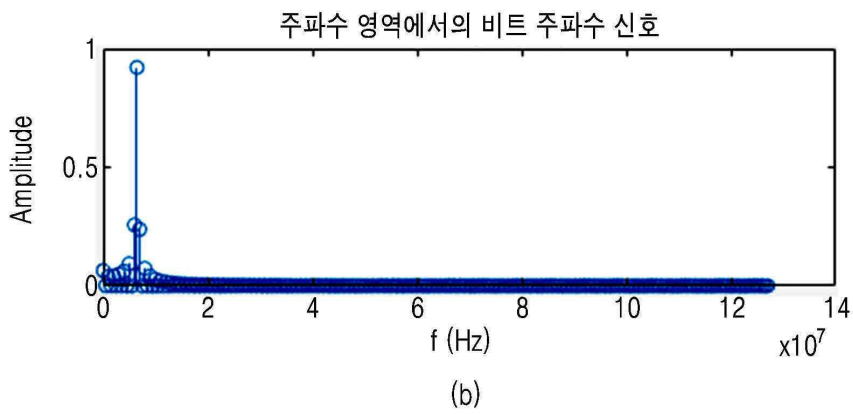
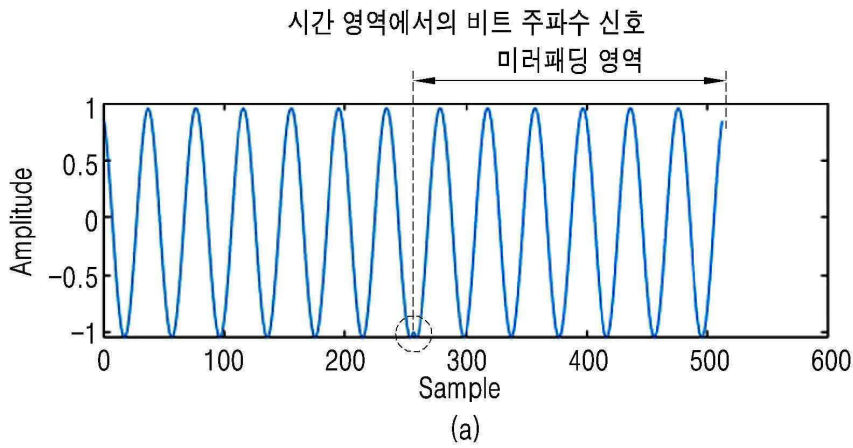
도면4



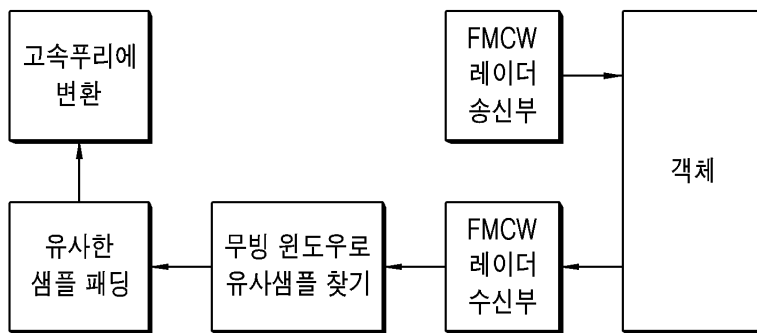
도면5



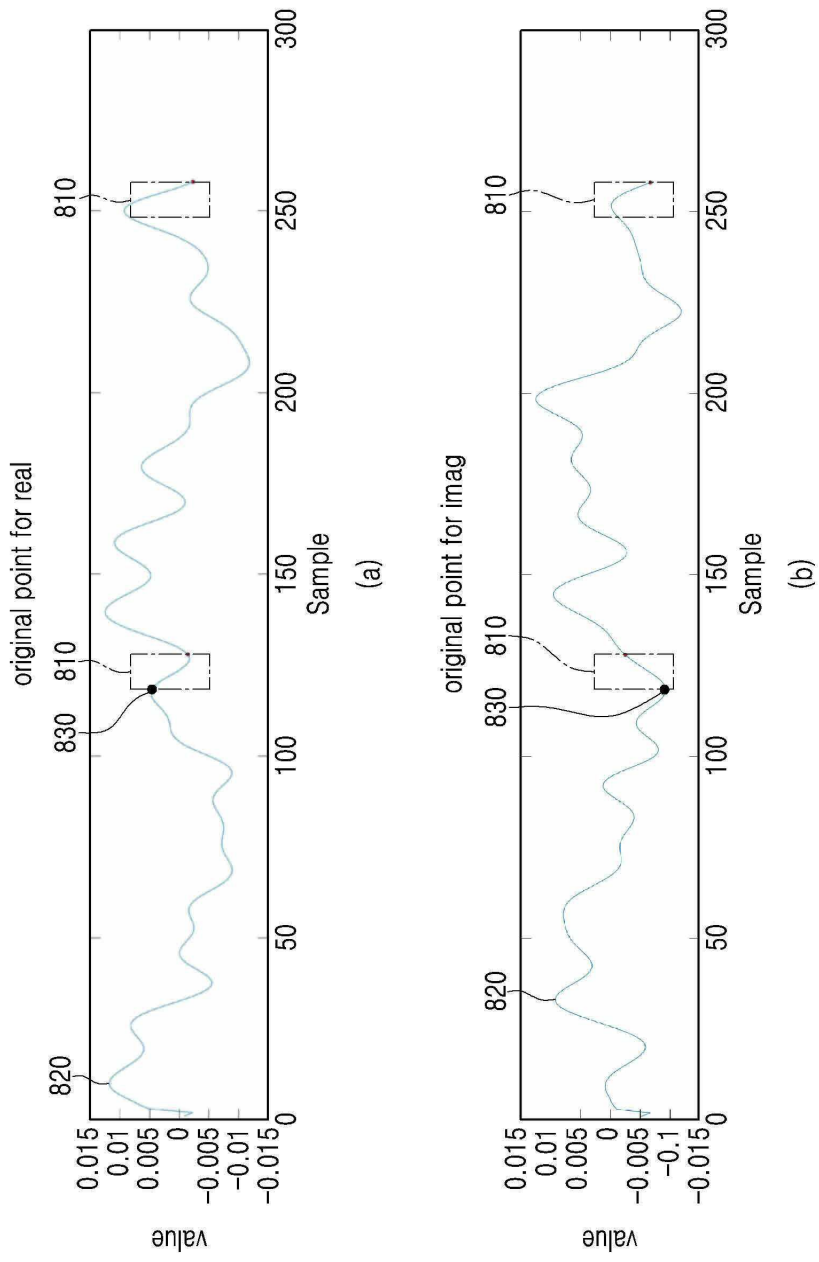
도면6



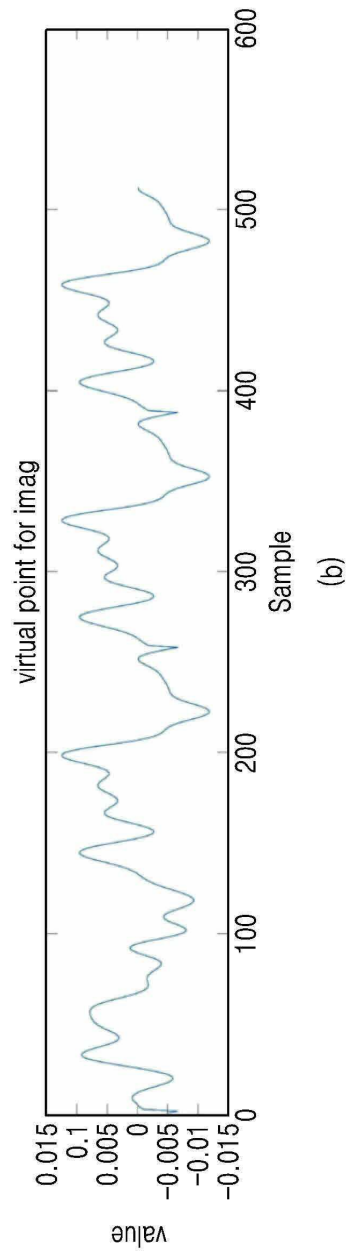
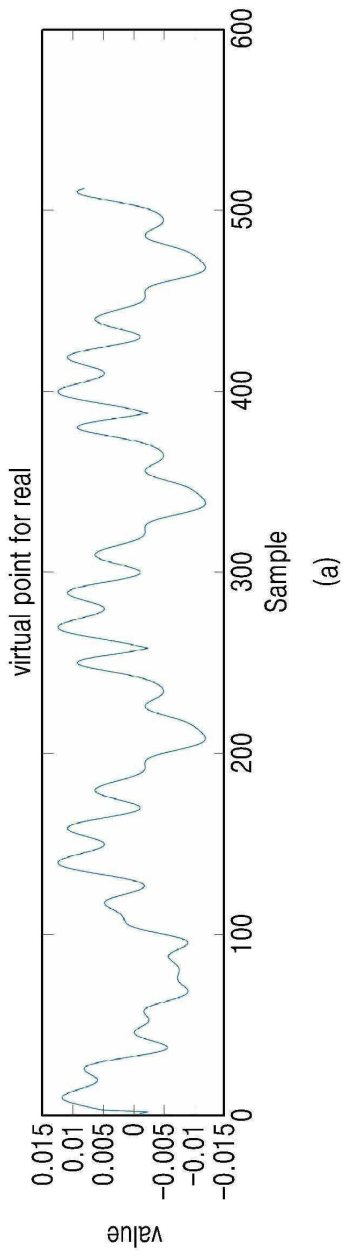
도면7



도면8



도면9



도면10

