



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년08월11일
(11) 등록번호 10-2288865
(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)
G06F 17/14 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G01S 13/34 (2021.01)
G01S 7/036 (2021.01)

(21) 출원번호 10-2021-0040969

(22) 출원일자 2021년03월30일

심사청구일자 2021년03월30일

(56) 선행기술조사문헌

KR101110025 B1*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 12 항

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자
이성주
서울특별시 광진구 뚝섬로35길 32, 308-1110
백성민
서울특별시 광진구 광나루로13길 5, 306호

(74) 대리인
이강민, 안준형, 남승희

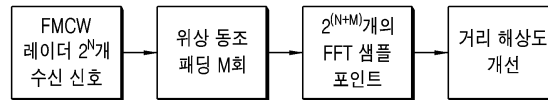
심사관 : 김민성

(54) 발명의 명칭 위상 동조 페딩을 통한 FMCW 레이더 거리 해상도 향상 기법

(57) 요약

FMCW 레이더의 거리 해상도를 향상하기 위하여 믹싱 신호를 페딩할 때, 원활한 페딩을 위하여 동일한 위상을 가지는 신호를 찾아 페딩하는 방법에 관한 발명

대표도 - 도7



(52) CPC특허분류
G01S 7/356 (2021.05)
G01S 7/4056 (2013.01)
G06F 17/142 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
 KR102205308 B1*
 JP2010014488 A
 KR100886613 B1
 KR1020130051694 A
 KR1020160083276 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 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 1711108024
 과제번호 2020R1A2C1007546
 부처명 과학기술정보통신부
 과제관리(전문)기관명 한국연구재단
 연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)
 연구과제명 실내보안용 초고해상도 지능형 레이더센서 신호처리 연구
 기여율 4/10
 과제수행기관명 세종대학교 산학협력단
 연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28

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 믹싱 신호를 생성하는 믹싱부; 및

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

를 포함하여 구성되며,

상기 DSP는,

상기 믹싱 신호가 2^N 개의 샘플을 가지고, 믹싱 신호의 마지막 샘플(2^N)과 동일한 위상을 가지는 샘플 K 를 찾아, 동일한 위상을 가지는 샘플 K 부터 마지막 샘플(2^N)까지의 신호를 추출하고, 이를 마지막 샘플(2^N) 이후에 패딩함으로써, 거리 해상도를 개선하고,

상기 동일한 위상을 가지는 샘플 K 는,

상기 믹싱 신호의 마지막 샘플 (2^N)과 위상의 기울기가 동일한 샘플이며,

상기 위상의 기울기(S)는 샘플 K 와 샘플 $K+1$ 의 위상의 차이인 것을 특징으로 하는 레이더 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 DSP는,

상기 믹싱 신호의 마지막 샘플 (2^N)의 위상과 마지막 샘플의 이전 샘플 (2^N-1)의 위상 차이를 마지막 샘플의 위상의 기울기(S)로 설정하는 것을 특징으로 하는 레이더 장치.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 마지막 샘플의 위상의 기울기(S)가 음수이면 기울기(S)가 감소한다고 판단하고, 기울기(S)가 양수이면 증가한다고 판단하는 것을 특징으로 하는 레이더 장치.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 마지막 샘플의 위상의 기울기가 증가 할 때, 샘플 K 와 샘플 $K+1$ 의 위상의 차이가 양수인 샘플 K 를 추출하고

상기 마지막 샘플의 위상의 기울기가 감소 할 때, 샘플 K와 샘플K+1의 위상의 차이가 음수인 샘플 K를 추출하며;

상기 샘플 K는 가장 먼저 나오는 샘플 K를 선택하는 것을 특징으로 하는 레이더 장치.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 샘플 K부터 마지막 샘플 (2^N)까지 총 $2^N - K + 1$ 개의 샘플을 마지막 샘플 2^N 이후에 패딩하는 것을 특징으로 하는 레이더 장치.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 패딩 후에 마지막 샘플 $2^{N+1} - K + 1$ 이후에 샘플 K부터 $2K - 2$ 까지 추가로 패딩하여 2^{N+1} 샘플을 만드는 것을 특징으로 하는 레이더 장치.

청구항 8

FMCW 레이더의 거리 해상도를 향상하는 신호 처리 방법에 있어서,

레이더 신호를 생성하여 외부로 송출되는 송신 신호를 송신하는 송신단계;

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

상기 송신 신호와 수신 신호를 믹싱하여 믹싱 신호를 생성하는 믹싱단계; 및

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

를 포함하여 구성되며,

상기 거리산출단계는,

상기 믹싱 단계에서 생성된 믹싱 신호가 2^N 개의 샘플을 가지고, 믹싱 신호의 마지막 샘플(2^N)과 동일한 위상을 가지는 샘플 K를 찾아, 동일한 위상을 가지는 샘플 K부터 마지막 샘플 (2^N)까지의 신호를 추출하고, 이를 마지막 샘플 (2^N) 이후에 패딩하고,

상기 동일한 위상을 가지는 샘플 K는,

상기 믹싱 신호의 마지막 샘플 2^N 와 위상의 기울기가 동일한 샘플이며, 상기 위상의 기울기(S)는 샘플 K와 샘플 K+1의 위상 차이인 것을 특징으로 하는 레이더 신호 처리 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 거리산출단계는,

상기 믹싱 신호의 마지막 샘플 (2^N)의 위상 과에서 마지막 샘플의 이전 샘플 (2^N-1)의 위상 차이를 마지막 샘플의 위상의 기울기(S)로 설정하는 것을 특징으로 하는 레이더 신호 처리 방법.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 마지막 샘플의 위상의 기울기(S)가 음수이면 기울기(S)가 감소한다고 판단하고, 기울기(S)가 양수이면 증가한다고 판단하는 과정을 특징으로 하는 레이더 신호 처리 방법.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 마지막 샘플의 위상의 기울기가 증가 할 때, 샘플 K와 샘플 K+1의 위상의 차이가 양수인 샘플 K를 추출하고;

상기 마지막 샘플의 위상의 기울기가 감소 할 때, 샘플 K와 샘플K+1의 위상의 차이가 음수인 샘플 K를 추출하며;

상기 샘플 K는 가장 먼저 나오는 샘플 K를 선택하는 것을 특징으로 하는 레이더 신호 처리 방법.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 샘플 K부터 마지막 샘플 (2^N)까지 총 2^N-K+1 개의 샘플을 마지막 샘플 2^N 이후에 패딩하는 것을 특징으로 하는 레이더 신호 처리 방법.

청구항 14

제 13항에 있어서,

상기 패딩 후에 마지막 샘플 (2^N-K+1) 이후에 샘플 K부터 $2K-2$ 까지 추가로 패딩하여 2^{N+1} 개의 샘플을 만드는 것을 특징으로 하는 레이더 신호 처리 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 FMCW 레이더로 거리를 측정할 때, 거리 정밀도를 향상하기 위해 마지막 샘플의 위상과 동일한 위상을 가지는 샘플을 찾아 패딩하는 방법을 제공한다.

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 탐지파 혹은 삼각파로 송신하고 이러한 신호가 물체와 충돌 후 반사되어 돌아오는 수신 파형을 통하여 물체의 거리를 감지하는 것이다. 이후 송신 신호와 수신 신호를 믹싱하고, 믹싱 신호에 서는 도플러 효과가 나타나는 비트 주파수가 생성된다. 도플러 효과란, 파동에서 파동원과 관찰자의 상대 속도

에 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.

[0004] 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 적용하는 데 제로 패딩 기법의 원리는 신호의 마지막 샘플 이후에 같은 시간 간격만큼으로 진폭이 0인 샘플을 주입하는 것이고, 미러 패딩은 마지막 샘플을 기점으로 본래의 신호를 대칭하여 주입하는 것으로, 신호의 샘플링 수를 늘리는 방식이다.

[0005] 그러나, 제로 패딩과 미러 패딩 기법을 사용하여 고속 푸리에 변환하게 되면 메인 로브(Main lobe) 이외의 주파수에서 사이드 로브(side lobe)가 발생하게 되어 비트 주파수 신호의 정확성이 떨어지게 된다.

[0006] 한편 선행 문헌 대한민국 등록특허 제10-1110025호 (2013.05.21)의 경우, FFT 포인트 수를 늘리기 위하여 위상을 정해진 크기만큼 변위시킨 신호를 패딩하는 방식을 채택하고 있다. 그런데 이러한 경우, 패딩하는 끝점의 신호와 패딩하는 위상 변위 신호의 시작점의 신호의 위상이 달라지게 되어 여전히 사이드 로브가 발생한다는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 등록특허 제10-1110025호 (2013.05.21)
- (특허문헌 0002) 한국공개특허 제10-2019-0051766호 (2019.05.15)
- (특허문헌 0003) 국제출원 PCT- KR2015-011040 (2015.10.20)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기와 같은 문제를 해결하기 위하여 위상 값과 위상의 기울기(S)를 기반으로 동일한 위상을 가지는 샘플 위치를 찾아 패딩하여 불연속점은 제거하고 사이드 로브(side lobe)를 억제하며 거리 해상도를 향상하는 발명을 제안한다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기와 같은 문제를 해결하기 위하여 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 믹싱 신호를 생성하는 믹싱부; 및

[0011] 상기 믹싱 신호로부터 비트 주파수를 추출하여 물체와 레이더의 거리를 산출하는 DSP; 를 포함하여 구성되며, 상기 DSP는, 상기 믹싱 신호가 2^N 개의 샘플을 가지고, 믹싱 신호의 마지막 샘플(2^N)과 동일한 위상을 가지는 샘플 K를 찾아, 동일한 위상을 가지는 샘플 K부터 마지막 샘플(2^N)까지의 신호를 추출하고, 이를 마지막 샘플(2^N) 이후에 패딩함으로써, 거리 해상도를 개선하는 것을 특징으로 하는 레이더 장치를 제공한다.

[0012] 구체적으로 상기 동일한 위상을 가지는 샘플 K는, 상기 믹싱 신호의 마지막 샘플 (2^N)와 위상의 기울기가 동일한 샘플이며, 상기 위상의 기울기(S)는 샘플 K와 샘플 K+1의 위상의 차이인 것을 특징으로 하는 레이더 장치이며, 추가로, 상기 믹싱 신호의 마지막 샘플 (2^N)의 위상과 마지막 샘플의 이전 샘플 (2^N-1)의 위상 차이를 마지막 샘플의 위상의 기울기(S)로 설정하는 것을 특징으로 하며, 상기 마지막 샘플의 위상의 기울기(S)가 음수이면 기울기(S)가 감소한다고 판단하고, 기울기(S)가 양수이면 증가한다고 판단하고, 상기 마지막 샘플의 위상의 기울기가 증가 할 때, 샘플 K와 샘플 K+1의 위상의 차이가 양수인 샘플 K를 추출하고, 상기 마지막 샘플의 위상의 기울기가 감소 할 때, 샘플 K와 샘플K+1의 위상의 차이가 음수인 샘플 K를 추출하며; 상기 샘플 K는 가장 먼저 나

오는 샘플 K를 선택하는 것을 특징으로 하는 레이더 장치를 제공한다.

[0013] 뿐만 아니라, 상기 샘플 K부터 마지막 샘플 (2^N)까지 총 $2^N - K + 1$ 개의 샘플을 마지막 샘플 2^N 이후에 패딩하고, 상기 패딩 후에 마지막 샘플 $2^N - K + 1$ 이후에 샘플 K부터 $2K + 1$ 까지 추가로 패딩하여 2^{N+1} 샘플을 만드는 것을 특징으로 하는 레이더 장치이다.

[0014] 추가로는, FMCW 레이더의 거리 해상도를 향상하는 신호 처리 방법에 있어서, 레이더 신호를 생성하여 외부로 송출되는 송신 신호를 송신하는 송신단계; 상기 송신 신호가 타겟 물체와 충돌 후 반사되어 수신되는 수신 신호를 수신하는 수신단계; 상기 송신 신호와 수신 신호를 믹싱하여 믹싱 신호를 생성하는 믹싱단계; 및 상기 믹싱 신호로부터 비트 주파수를 추출하여 물체와 레이더의 거리를 산출하는 거리산출단계; 를 포함하여 구성되며, 상기 거리산출단계는, 상기 믹싱 단계에서 생성된 믹싱 신호가 2^N 개의 샘플을 가지고, 믹싱 신호의 마지막 샘플(2^N)과 동일한 위상을 가지는 샘플 K를 찾아, 동일한 위상을 가지는 샘플 K부터 마지막 샘플 (2^N)까지의 신호를 추출하고, 이를 마지막 샘플 (2^N) 이후에 패딩함으로써, 거리 해상도를 개선하는 것을 특징인 레이더 신호 처리 방법이다.

[0015] 구체적으로, 상기 동일한 위상을 가지는 샘플 K는, 상기 믹싱 신호의 마지막 샘플 2^N 와 위상의 기울기가 동일한 샘플이며, 상기 위상의 기울기(S)는 샘플 K와 샘플 K+1의 위상 차이인 것을 특징으로 하는 레이더 신호 처리 방법이며, 상기 거리산출단계는, 상기 믹싱 신호의 마지막 샘플 (2^N)의 위상 파에서 마지막 샘플의 이전 샘플 ($2^N - 1$)의 위상 차이를 마지막 샘플의 위상의 기울기(S)로 설정하는 것, 을 특징으로 하는 레이더 신호 처리 방법이다.

[0016] 더 구체적으로는, 상기 마지막 샘플의 위상의 기울기(S)가 음수이면 기울기(S)가 감소한다고 판단하고, 기울기(S)가 양수이면 증가한다고 판단하는 과정이며, 상기 마지막 샘플의 위상의 기울기가 증가 할 때, 샘플 K와 샘플 K+1의 위상의 차이가 양수인 샘플 K를 추출하고; 상기 마지막 샘플의 위상의 기울기가 감소 할 때, 샘플 K와 샘플 K+1의 위상의 차이가 음수인 샘플 K를 추출하며; 상기 샘플 K는 가장 먼저 나오는 샘플 K를 선택하고, 상기 샘플 K부터 마지막 샘플 (2^N)까지 총 $2^N - K + 1$ 개의 샘플을 마지막 샘플 2^N 이후에 패딩하며, 상기 패딩 후에 마지막 샘플 $2^N - K + 1$ 이후에 샘플 K부터 $2K + 1$ 까지 추가로 패딩하여 2^{N+1} 개의 샘플을 만드는 것을 특징으로 하는 레이더 신호 처리 방법이다.

발명의 효과

[0018] 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 부분뿐 아니라 고속 푸리에 변환 이후에 발생하는 사이드 로브(side lobe)도 제거하여 정확한 비트 주파수를 추출하여 거리 정보를 구할 수 있어 거리 정밀도가 향상된다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 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 위상 보정 패딩 방법을 구체적으로 기재한 순서도이다.

도 9는 본원 발명의 실시 예로, 신호를 256개의 샘플과 위상으로 나타낸 것이다.

도 10은 본원 발명의 실시 예로, 마지막 256번째 샘플과 유사한 샘플을 나타낸 것이다.

도 11은 본원 발명의 실시 예로, 유사한 샘플부터 마지막 샘플까지를 패딩한 것을 나타낸 것이다.

도 12는 본원 발명의 실시 예로, 위상 보정 패딩을 반복 후 합성한 것이다.

도 13은 종래 기술을 고속 푸리에 변환한 후 결과와 본원 발명에서 고속 푸리에 변환 후 결과를 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.FMCW 레이더의 거리 측정 방법

[0023] 1.1.FMCW 레이더의 송수신기 구성과 신호 처리 방법

[0024] 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 제거해주는 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.

[0025] 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.

[0026] 비트 주파수는 도플러 효과의 영향으로 레이더와 물체 사이의 거리 및 상대 속도에 대한 정보를 가지고 있으며, 송신 신호와 수신 신호가 중첩된 신호에서 추출되는 주파수이다.

[0027] 이러한 비트 주파수는 ADC를 통하여 디지털 신호로 변환된 후 DSP에서 고속 푸리에 변환되어, 이로부터 거리 정보를 추출할 수 있게 한다.

[0028] 이와 같이 FMCW 레이더의 신호 처리 방법과 송수신기 구성이 간단하여 지능형 운전자 보호 시스템에 유용하게 사용된다.

[0030] 1.2.고속 푸리에 변환

[0031] 고속 푸리에 변환은 시간 영역으로 이루어진 신호를 주파수 영역으로 변환하는 것이다.

[0032] 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.

[0034] 1.3. 비트주파수

[0035] 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.

[0036] 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.

[0037] [수학식 1]

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

[0038]

[0039] 상기 수학적 식 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. 수학적 식 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 수학적 식 1을 수학적 식 2로 변형하였다.

[0040] [수학적 식 2]

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

[0041]

[0042] 수학적 식 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. 수학적 식 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

켜 거리 해상도를 향상시킬 수 있다. 즉, 주파수 해상도가 향상되면 거리 해상도가 향상된다. $\Delta f = \frac{F_s}{2^N}$ 로 계산되며 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.

[0044] 2. 종래기술

[0045] 2.1. 제로 패딩 기법

[0046] 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.

[0047] 도 3 (b)에서 비트 주파수 신호에서 사이드 로브(side lobe)가 많이 발생하며 샘플링 된 주파수가 조밀하지 않음을 알 수 있다.

[0048] 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.

[0049] 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.

[0051] 2.2. 미러 패딩 기법

[0052] 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 y축 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.

[0053] 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.

- [0055] 3.본원 발명
- [0056] 종래의 제로 패딩 및 미러 패딩에서 위상이 다른 샘플들을 임의로 패딩 하였기 때문에 패딩하는 지점에서의 위상 불연속이 발생하였다. 이러한 위상 불연속점은 고속 푸리에 변환이 되지 않아 비트 주파수를 추출하기 어렵게 하거나, 고속 푸리에 변환 후 사이드 로브의 발생으로 인해서 비트 주파수 추출에 어려움을 주었다.
- [0057] 도 7은 본원 발명의 순서도를 나타낸 것이다.
- [0058] 본 발명은 DSP로 믹싱 신호가 들어 온 후, 고속 푸리에 변환을 하여 비트 주파수를 추출하는 과정에서 샘플링 수를 늘림으로써, 사이드 로브 발생은 억제하고 거리 해상도는 향상시키기 위한 발명이다.
- [0059] 이에 본원 발명에서는 패딩 후에도 고속 푸리에 변환이 매끄럽게 될 수 있도록 위상의 불연속을 보정하는 패딩 기법을 진행한다.
- [0060] FMCW 레이더에서 거리를 산출하는 장치를 크게 송신부, 수신부, 믹싱부, DSP로 나눌 수 있다.
- [0061] 송신부는 FMCW 레이더에서 생성되어 송신되는 송신 신호를 생성 및 송출하는 것이 송신부이며, 수신부는 송신부에서 송출되어 타겟 물체와 충돌 후 반사되어 돌아오는 반사 신호(수신 신호라고도 한다)를 수신 받아 수집하는 곳이다. 상기 송신 신호와 반사 신호를 중첩하는 곳을 믹싱부라고 하며, 믹싱부를 통하여 비트 주파수를 가지는 믹싱 신호가 생성된다. 상기 믹싱 신호는 DSP로 입력되는 신호이며, 믹싱 신호를 고속 푸리에 변환하여 FMCW 레이더와 타겟 물체와의 거리를 산출 할 수 있다.
- [0062] DSP로 입력된 믹싱 신호는 도 7과 같은 순서로 진행된다.
- [0063] 본 발명의 패딩 방법은 마지막 샘플과 위상이 동일(소정의 범위 내에서 일치)하는 샘플을 찾고, 찾아낸 동일 위상 샘플부터 마지막 샘플까지의 신호를 추출하여 마지막 샘플 이후에 패딩하는 방법이다.
- [0064] 본 발명에서는 패딩 전 믹싱 신호의 샘플 수를 2^N 개로 하며, 믹싱 신호를 패딩하여 샘플 수를 늘린다. 본 발명은 위상이 동일한 샘플을 찾아 패딩하는 것이기 때문에, 마지막 샘플 2^N 의 위상을 확인한다.
- [0065] 이후, 마지막 샘플 2^N 의 위상과 마지막 샘플의 이전의 샘플 2^N-1 샘플의 위상의 차이를 구한다.
- [0066] 상기 위상의 차이를 마지막 샘플 2^N 의 위상의 기울기(S)라고 한다. 위상의 기울기(S)가 양수이면, 위상이 증가한다고 판단하고, 위상의 기울기(S)가 음수이면 위상이 감소한다고 판단한다.
- [0067] 이후 마지막 샘플 2^N 의 위상의 기울기(S)가 양수로 증가하면, 마지막 샘플 2^N 의 위상(A)보다 위상(A)이 소정의 범위만큼 큰 샘플을 찾는다. 찾은 샘플을 K라고 하며, 샘플 K의 위상과 샘플 K+1의 위상의 차이를 구하여 위상의 기울기(S)를 구한다. 구한 위상의 기울기(S)가 마지막 샘플의 위상의 기울기(S)처럼 양수인 샘플 K가 마지막 샘플과 위상이 동일한 샘플이다.
- [0068] 이에 샘플 K가 될 수 있는 다수의 샘플이 추출될 수 있으며, 이러한 경우 가장 작은 수의 K(가장 먼저 나오는 샘플 K)를 선택한다.
- [0069] 이와 반대로 마지막 샘플 2^N 의 위상의 기울기(S)가 음수로 감소하면, 마지막 샘플 2^N 의 위상(A)보다 위상(A)이 소정의 범위만큼 작은 샘플을 찾는다. 찾은 샘플을 K라고 하며, 샘플 K의 위상과 샘플 K+1의 위상의 차이를 구하여 위상의 기울기(S)를 구한다. 구한 위상의 기울기(S)가 마지막 샘플의 위상의 기울기(S)처럼 음수인 샘플 K가 마지막 샘플과 위상이 동일한 샘플이다.
- [0070] 이에 샘플 K가 될 수 있는 다수의 샘플이 추출될 수 있으며, 이러한 경우 가장 작은 수의 K(가장 먼저 나오는 샘플 K)를 선택한다.
- [0071] 이후, 위상이 동일한 샘플 K부터 마지막 샘플 2^N 까지의 신호를 추출하여, 마지막 샘플 2^N 다음에 패딩한다. 이로써 신호는 총 $2^{N+1}-K+1$ 개 된다. 패딩 후에 마지막 샘플은 $2^{N+1}-K+1$ 이다. 고속 푸리에 변환을 하기 위해서는 신호가 2^{N+1} 가 되어 하기 때문에, K-1개의 신호가 더 필요하다.
- [0072] 상기와 같은 이유로, 패딩 후에 마지막 샘플 $2^{N+1}-K+1$ 에 이미 패딩한 샘플 K부터 샘플 $2K-2$ 까지 추가로 패딩하

여 준다. 추가로 패딩해 준 결과로 샘플 수는 2^{N+1} 가 된다.

- [0073] 도 9, 10, 11, 12는 상세한 수치를 활용한 본원 발명의 실시 예를 나타낸 것이다. 패딩을 1번 진행하였을 때에 대한 상세한 예시를 아래에 작성하였다.
- [0074] 도 9는 믹싱 신호의 256개의 샘플의 위상에 따라서 나타낸 그래프이다.
- [0075] 믹싱 신호의 256번째 샘플의 위상을 확인한다. 256번째 샘플의 위상과 255번째 샘플의 위상 차를 구한다. 위상 차를 위상의 기울기(S)라고 하며, 위상의 기울기(S)가 양수이면 증가로 판단하고, 위상의 기울기(S)가 음수이면 감소로 판단한다.
- [0076] 상기 마지막 샘플 256의 위상의 기울기(S)에 따라서 유사한 위상을 가지는 샘플을 찾는다. 완벽하게 위상이 같은 샘플을 찾기는 어려움으로, 소정의 범위 내에 속하는 샘플을 찾는다.
- [0077] 예를 들어 상세히 설명하면, 마지막 샘플의 위상의 기울기(S)가 증가한다고 판단되면 유사한 위상을 가지는 샘플은 마지막 샘플의 위상보다 0.3만큼 큰 위상을 가지는 샘플 16를 찾을 수 있다. 이때, 상기 과정을 통하여 다수의 샘플을 찾게 될 때 가장 작은 샘플을 유사한 샘플을 샘플 16이라고 한다. 도10은 16번째 샘플을 찾은 것을 나타낸 것이다.
- [0078] 상기와 반대로, 마지막 샘플의 위상의 기울기(S)가 감소한다고 판단되면, 유사한 위상을 가지는 샘플은 마지막 샘플의 위상보다 0.3만큼 작은 위상을 가지는 샘플 16를 찾을 수 있다. 상기와 마찬가지로, 가장 낮은 번째 샘플을 가지는 샘플을 추출하여 샘플 16을 가지는 것을 특징으로 한다.
- [0079] 도 11은 유사한 샘플 16를 추출하여 샘플 16부터 샘플 256까지 추출하여 총 256-16+1개의 샘플을 추출하여 마지막 샘플 256 이후에 패딩한 것을 나타낸 것이다.
- [0080] 이에 위상 불연속 구간이 없는 총 497개의 샘플이 생성된다. 도 11은 샘플 16부터 샘플 256까지를 패딩하여 생성된 신호를 나타낸 그래프이다.
- [0081] 고속 푸리에 변환을 수행하기 위하여 샘플 수는 2의 거듭제곱이 되어야 하기에 따라서 512개를 맞춰야 하기 때문에 15개의 샘플이 부족하다. 이에 16부터 30까지의 샘플을 추출하여 추가로 패딩한다.
- [0082] 도 13 (a)는 아무런 패딩을 하지 않은 오리지널 믹싱 신호를 고속 푸리에 변환한 것으로, 다수의 사이드 로브가 발생한 것을 확인할 수 있다.
- [0083] 도 13(b)는 믹싱 신호를 제로 패딩한 후 고속 푸리에 변환한 것으로 오리지널 믹싱 신호를 고속 푸리에 변환한 것보다는 적은 사이드 로브가 발생하지만 여전히 사이드 로브가 발생함을 확인할 수 있다.
- [0084] 도 13(c)는 본원 발명의 위상 보정 패딩한 후 고속 푸리에 변환한 것으로 사이드 로브가 제거되고 메인 로브만 발생한 것을 확인할 수 있다.
- [0085] 위상 보정 패딩을 하여 위상의 불연속에의 해서 발생한 사이드 로브를 제거하면서 고속 푸리에 변환 샘플 포인트 수는 증가시켜 거리 해상도를 향상할 수 있다.
- [0086] 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

- [0088] 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)

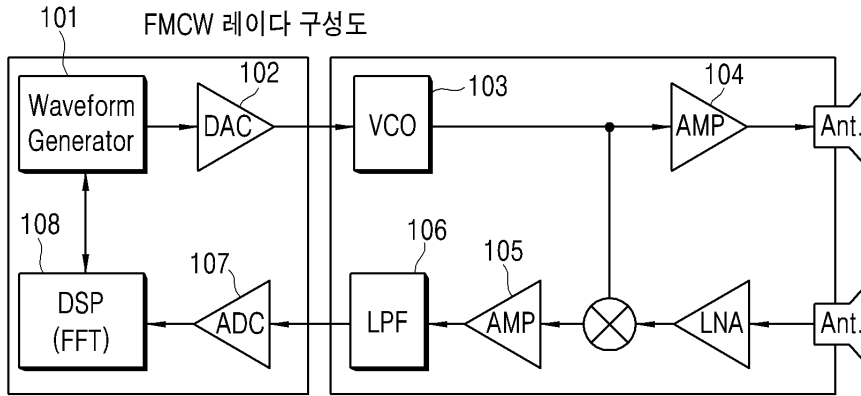
108 Digital Signal Processor (DSP)

210 거리 해상도

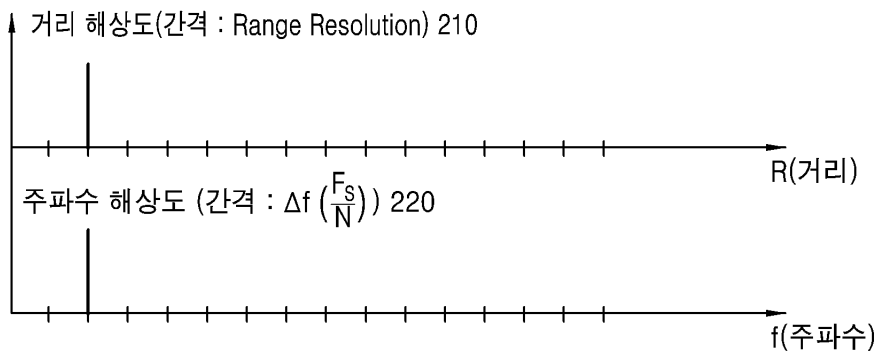
220 주파수 해상도

도면

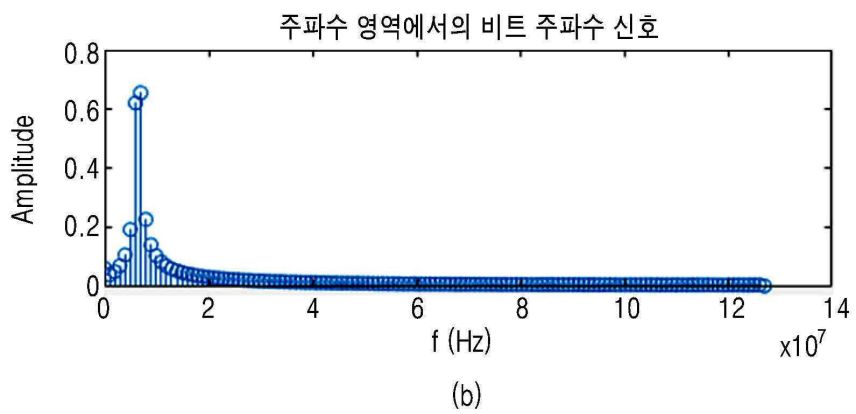
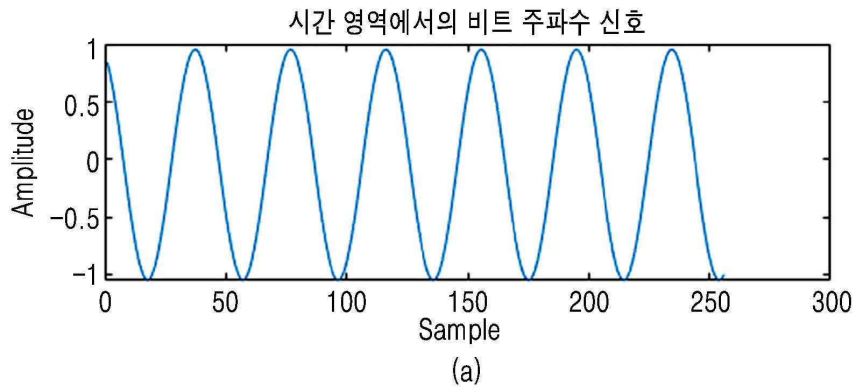
도면1



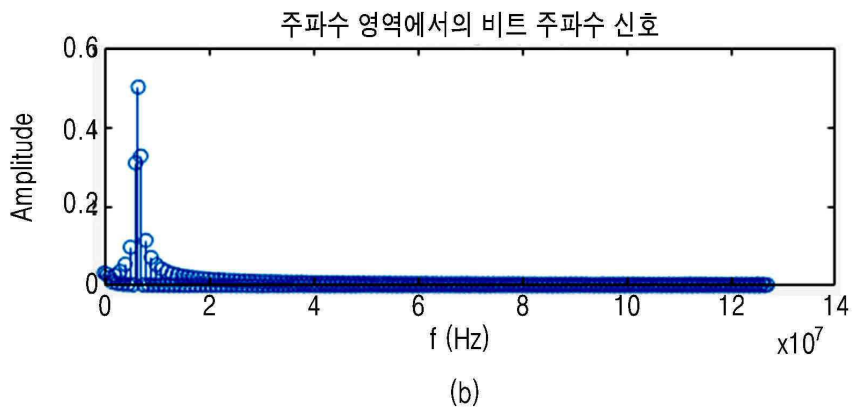
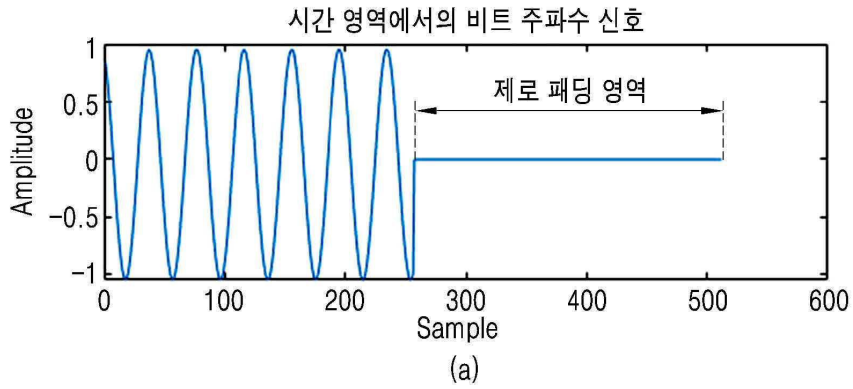
도면2



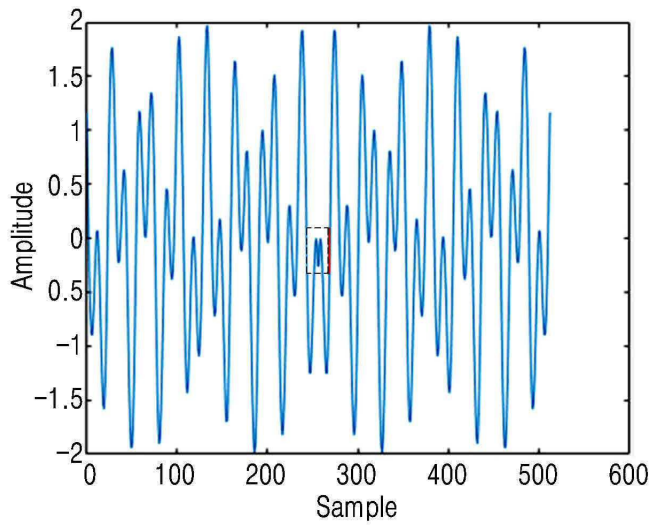
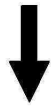
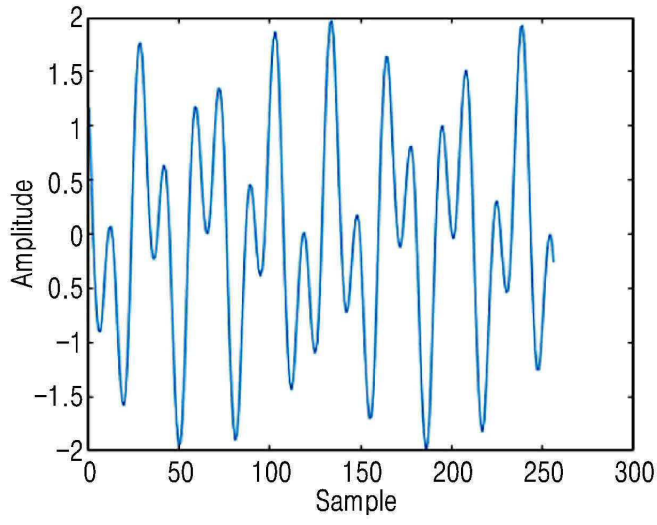
도면3



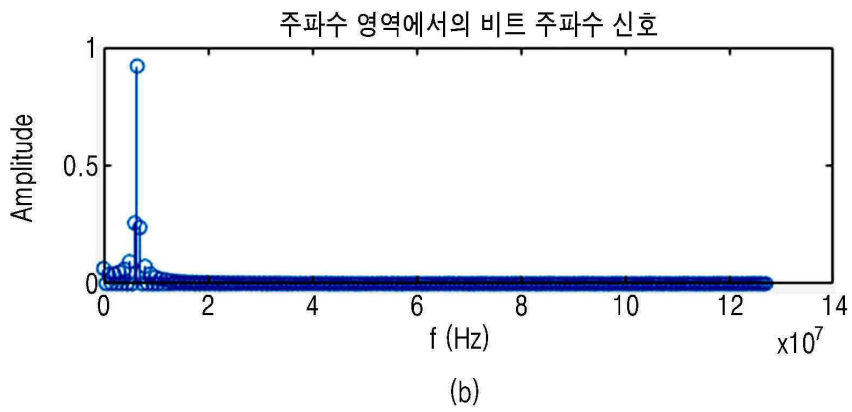
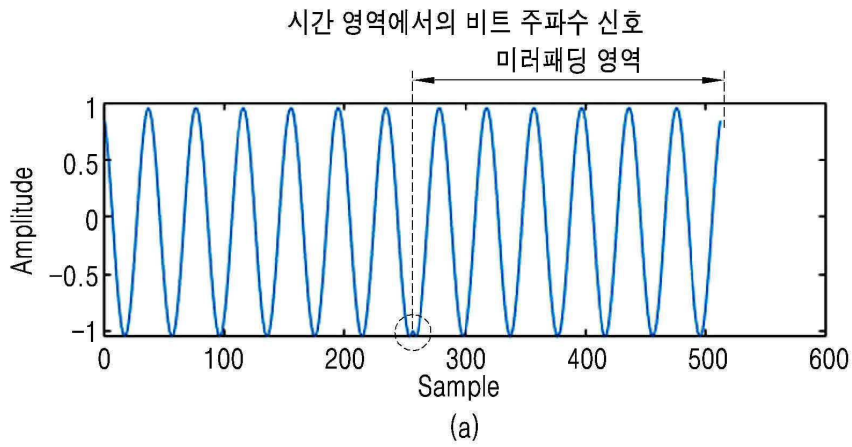
도면4



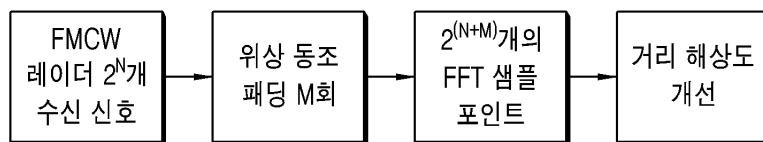
도면5



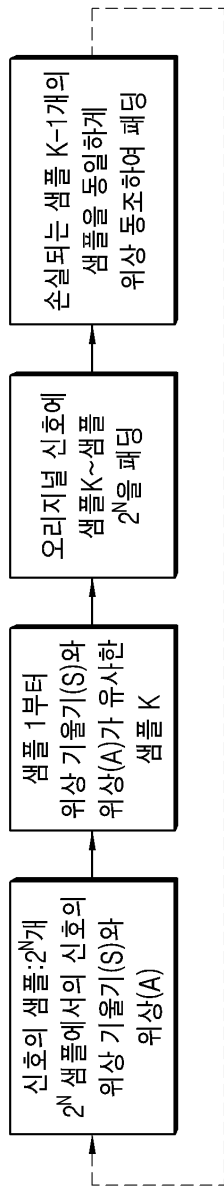
도면6



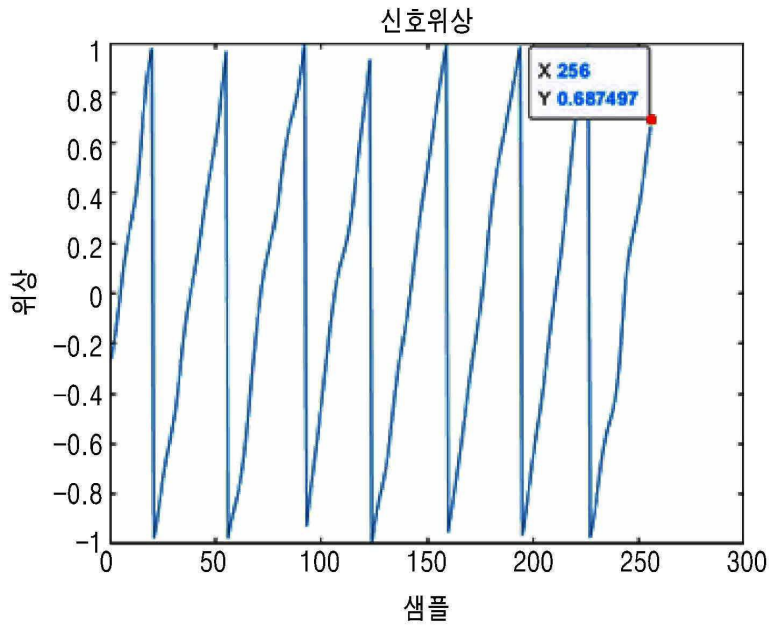
도면7



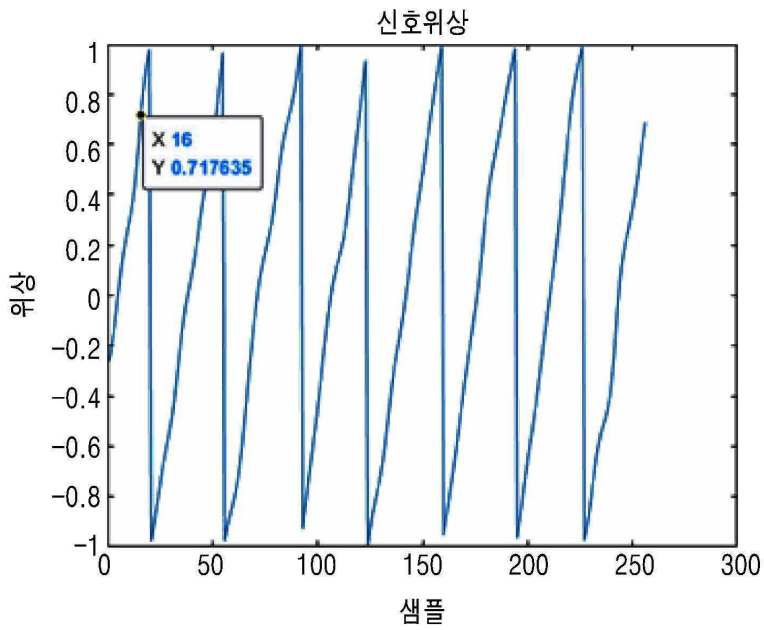
도면8



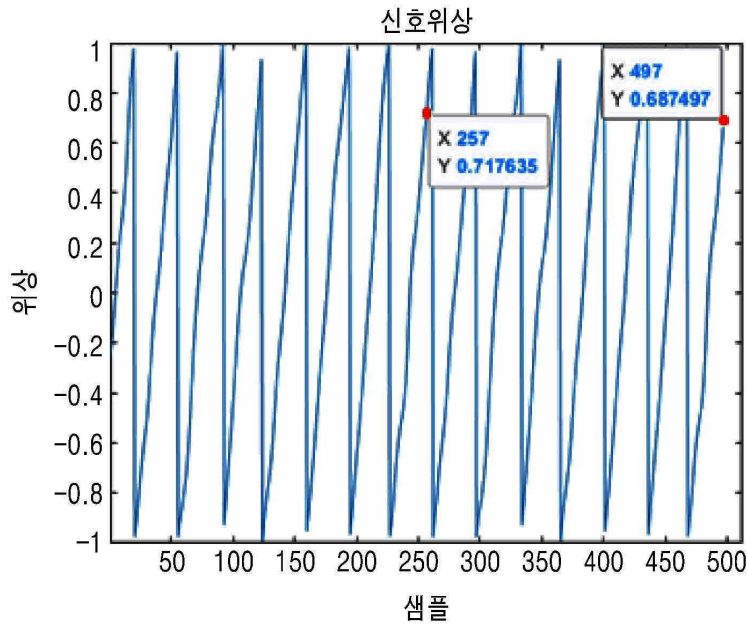
도면9



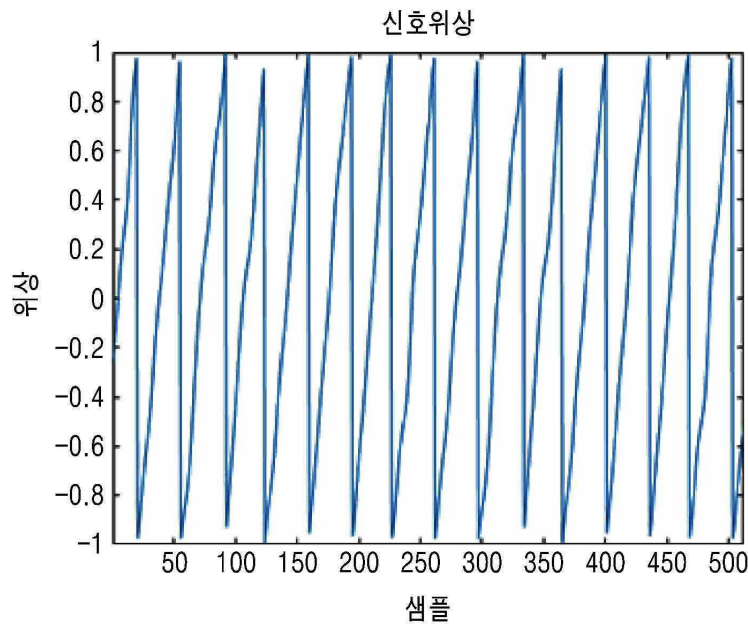
도면10



도면11



도면12



도면13

