
CW 도플러 레이더와 FFT를 이용한 물체의 접근 이탈 정보 판단 알고리즘

신현준* · 한병훈* · 오창현*

*한국기술교육대학교

Detection Algorithm for Information on Approach or Deviation of Objects Using CW Doppler Radar and FFT

Hyun-Jun Shin* · Byung-Hun Han* · Chang-Heon Oh*

*Korea University of Technology and Education

E-mail : champ5866f.kmaritime.ac.kr

요 약

CW 도플러 레이더는 도플러 효과를 이용하여 특정한 물체의 상대 속도를 획득할 수 있다. 하지만 두 개 이상의 물체를 탐지하기 위해서는 CW 도플러 레이더에 FFT를 사용하여 주파수 영역에서 분석해야하며, 이러한 경우 주파수 영역에서는 물체의 개수와 속도를 구할 수 있지만 물체의 접근 또는 이탈 정보를 판단하기에는 어렵다는 단점이 존재한다. 본 논문에서는 두 개 이상의 물체를 탐지하기 위해 FFT를 사용할 경우 주파수 영역에서 물체의 접근 또는 이탈 정보를 효율적으로 판단하기 위한 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 주파수 영역에서 실수부와 허수부로 나눈 후 각 주파수들의 진폭을 합한 값이 주파수의 좌측에 있으면 이탈, 우측에 있으면 접근으로 판단한다.

ABSTRACT

CW Doppler radar is capable of giving the relative velocity of an object using the Doppler effect. When detecting more than an object, frequency domain analysis is needed using CW Doppler radar and FFT. Even though the number of objects and velocities can be obtained within the frequency domain, there is a disadvantage that it is difficult to assess information on approach or deviation of an object. When detecting more than an object using FFT, this study suggests an algorithm for efficiently assessing information about approach or deviation of objects within the frequency domain. The proposed algorithm divides sections into real and imaginary numbers in the frequency domain, and then determines deviation if the total sum of the amplitudes of each frequency is on the left side and approach if the total sum of the amplitudes is on the right side

키워드

FFT, 접근 이탈 정보 판단 알고리즘, CW 도플러 레이더, 실수부 허수부

1. 서 론

공장과 연구소 및 주요 사무실은 시설 보안을 위하여 울타리 등의 주요 장소에 CCTV가 다수 설치되어 있다. 하지만 비, 눈, 특히 안개가 심할 경우 육안으로 감시하기에 어려움이 발생하기 때

문에 주야, 4계절 날씨와 상관없이 감시가 가능한 CW 도플러 레이더를 연동한 감시 시스템이 각광 받고 있다[1]. 도플러 레이더는 도플러 효과를 이용하여 특정한 거리에 있는 물체의 빠르기 데이터를 만들어내는 특수 레이더이다. 마이크로파 신호를 표적에 맞추어 그로부터의 반사를 측정한

뒤, 돌아온 신호의 주기가 물체의 움직임에 따라 어떻게 변화되었는지를 분석함으로써 물체의 상대속도를 획득할 수 있다[2]. 하지만 두 개 이상의 물체를 탐지하기 위해서는 도플러 레이더에 FFT(Fast Fourier Transform)를 사용하여 주파수 영역에서 분석해야하며, FFT를 사용할 때 주파수 영역(Frequency Domain)에서는 물체들의 주파수 정보만을 확인할 수 있기 때문에 물체의 접근 또는 이탈 정보를 판단하기에는 어렵다는 단점이 존재한다.

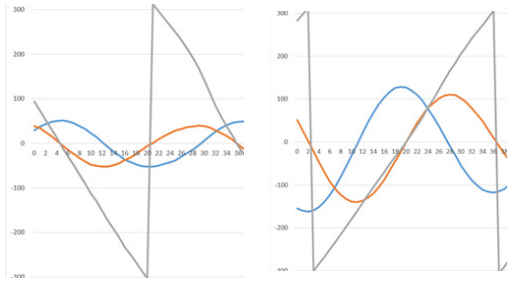
본 논문에서는 두 개 이상의 물체를 탐지하기 위해 FFT를 사용할 경우 주파수 영역에서 물체의 접근 또는 이탈 정보를 효율적으로 판단하기 위한 방식을 제안한다. 제안하는 방식은 주파수 영역에서 실수부와 허수부로 나눈 후 각 주파수 쌍의 주파수 진폭을 합한 값이 센터 주파수의 좌측에 있으면 접근, 우측에 있으면 이탈로 판단한다.

본 논문의 구성으로 II장에서는 관련 연구로 FFT에 대해 기술한다. III장에서는 제안하는 방식의 원리에 대해 설명한다. 마지막으로 IV장에서는 결론을 맺는다.

II. 관련연구

2-1 CW 도플러 레이더

CW 도플러 레이더는 움직이는 물체의 속도에 비례하는 도플러 주파수 편이를 검출함으로써 속도를 구할 수 있다. 수신된 I/Q 신호를 샘플링을 통해 물체의 접근 및 이탈 정보를 획득할 수 있다[3].



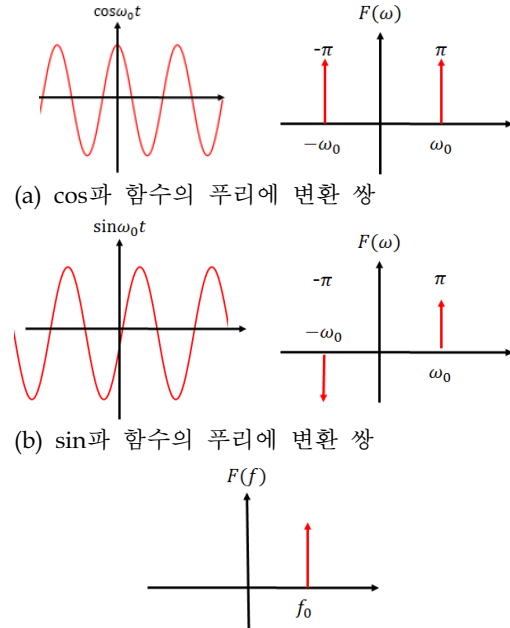
(a) 물체가 접근 (b) 물체가 이탈
그림 1. 물체가 접근 또는 이탈하는 경우

그림 1은 CW 도플러 레이더로 물체가 접근 및 이탈할 경우의 I/Q를 샘플링한 값이며, 파란 색은 I이며, 주황색은 Q이다. 전방의 물체가 접근 중일 때는 Q가 I보다 앞서며, 이탈 중일 때는 I가 Q보다 앞선다.

2-2 FT

푸리에 변환은 시간영역에서의 신호를 주파수 영역으로 변환해서 각각의 합성신호를 분석하는

방법으로 각각의 신호의 주파수나 특성을 알 수 있다.



(a) cos과 함수의 푸리에 변환 쌍 (b) sin과 함수의 푸리에 변환 쌍 (c) 주파수 영역에서 각 진폭 값을 더했을 때
그림 2. 시간 영역과 주파수 영역 관계

그림 2의 (a)와 (b)는 cos과와 sin과를 각각 푸리에 변환한 그림이다. (c)는 푸리에 변환 후 (a)와 (b)의 진폭 값을 각각 더한 값을 표현한 그림이다. 그림 (c)에 따르면 $+\omega_0$ 은 두 배의 진폭 값을 갖지만 $-\omega_0$ 은 상쇄돼 0의 진폭 값을 갖는다. 따라서 (a)와 (b)의 시간 영역을 비교하였을 때 cos 파형인 Q신호가 sin 파형인 I신호보다 좌측이 있으면 접근, 그 반대이면 이탈이다.

2-3 FFT

고속 푸리에 변환은 이산 푸리에 변환과 그 역변환을 빠르게 수행하는 효율적인 알고리즘이다. FFT는 디지털 신호 처리에서 편미분 방정식의 근을 구하는 알고리즘에 이르기까지 많은 분야에서 사용한다. x_0, \dots, x_{n-1} 이 복소수라고 가정할 때, DFT는 다음과 같이 정의한다.

$$f_i = \sum_{k=0}^{n-1} x_k e^{-\frac{2\pi i}{n} ik}, \quad i = 0, \dots, n-1 \quad (1)$$

이 식을 정의에 따라 계산하면 $O(n^2)$ 의 연산이 필요하지만, FFT를 이용하면 $O(n \log n)$ 번의 연산 횟수를 보장한다.

III. 물체 접근 이탈 정보 판단 알고리즘

본 논문에서는 CW 도플러 레이더에서 수신된 I/Q 신호를 이용해 두 개 이상의 물체의 접근 또는 이탈 정보를 판단하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 방식은 수신된 I/Q 신호를 FFT 취한 후 주파수 영역의 실수부와 허수부에서 각 주파수들의 진폭을 더한 값이 센터 주파수의 좌측에 있으면 이탈, 우측에 있으면 접근으로 판단한다.

이는 CW 도플러 레이더에서 수신한 I/Q 신호의 샘플링 값들로 비교하였을 때 Q신호가 I신호보다 앞서면 전방의 물체는 접근 중이며, I신호가 Q신호보다 앞설 때는 물체가 이탈 중이기 때문이다. 이를 토대로 두 개 이상의 물체가 접근 또는 이탈을 하더라도 각 진폭의 합들 중 0이 아닌 값들이 센터 주파수의 좌측 또는 우측이냐에 따라 이탈 또는 접근을 판단할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 CW 도플러 레이더에서 두 개 이상의 물체를 탐지하기 위해 FFT를 사용할 경우 물체들의 접근 또는 이탈 정보를 판단하는 알고리즘을 제안하였다. 향후 연구과제로는 두 개 이상의 물체에 대해서 접근 또는 이탈 정보를 판단할 수 있는지 매트랩으로 시뮬레이션을 하여 확인하여야 한다.

참고문헌

- [1] 정용택, "보안센서 현황과 전망," *전자공학회지*, Vol. 36, No. 10, pp. 49-59, Oct. 2009.
- [2] 최한별, 김재준, 서영일, 이일근, 최인식, "도플러 효과를 활용한 이동 물체의 식별 연구," *한국정보기술학회 Green IT 융합기술 워크숍 및 하계 종합 학술 대회 논문집*, pp. 183-188, Jun. 2009.
- [3] 류충호, 장용식, 최익환, "CW 도플러 레이더의 시각 분해능과 시선 속도 정확도의 관계," *한국전자과학회논문지*, Vol. 23, No. 7, pp.815-821, Jul. 2012.