

---

# 비트 주파수 추정에서의 윈도우 효과 분석

이종길\*

\*인천대학교

## Analysis of Windowing Effects in the Estimation of Beat Frequencies

Jonggil Lee\*

\*University of Incheon

E-mail : jnglee@incheon.ac.kr

### 요 약

주파수 변조 방식의 연속 파형을 사용하는 레이더 시스템에서는 이동 목표물 등의 원격탐지를 위하여 각 거리에 따른 변이 주파수 및 추가적인 도플러 스펙트럼의 추정이 필요하다. 그러나 이러한 기저대역 또는 중간주파수 대역의 스펙트럼 추정은 주로 FFT 기법에 의하여 이루어지며 목표물에 대한 수신신호 시간이 비교적 짧은 경우 클러터 등의 강력한 간섭신호의 부엽이 인접 도플러 필터에 누설되어 탐지하고자 하는 신호가 가려지는 문제가 나타나게 된다. 따라서 본 논문에서는 약간의 처리손실을 감수하더라도 부엽의 절대적인 크기를 낮출 수 있는 효과적인 데이터 윈도우 기법 및 그 결과들을 고찰하고 분석하였다.

### ABSTRACT

It is necessary to estimate the range and Doppler shifted spectrum for the extraction of useful information from the return echoes in the frequency modulated continuous wave radar systems used for the remote sensing purpose such as detection of moving targets. However, the spectrum estimation using the FFT method causes the very large sidelobes of clutter masking the essential signal information if the acquisition time of an echo signal is pretty short. Therefore, in this paper, the efficient data windowing method is investigated to suppress the strong sidelobe levels of the clutter and results are analyzed

### 키워드

Spectrum estimation, Window, FFT, 레이더 시스템

### 1. 서 론

연속파형의 주파수변조 방식 레이더 시스템에서는 목표물로부터 반사되는 신호로부터 정보를 추출하기 위하여 비트 주파수를 추정하게 된다. 즉, 이동 및 고정 물체의 탐지와 속도 등을 알아내기 위하여 거리 및 속도에 의한 주파수 변이를 식별하여야 하므로 수신 단에서의 비트 스펙트럼 추정이 매우 중요하다. 즉 원격 탐지 및 추적 레이더에서는 거리별 도플러 스펙트럼을 분석함으로써 목표물의 거리 및 속도정보를 추출하게 된다. 최근의 이러한 레이더 시스템에서는 탐지대상 목표물의 거리 및 속도추정 정확도에 대한 중

요성이 갈수록 높아지고 있다. 특히 최근에 개발되고 있는 초단거리용 레이더의 경우 거리 및 속도 추정치의 정확도는 매우 중요한 문제이다. 그런데 일반적으로 이러한 비트 주파수 추출을 위한 스펙트럼 추정은 FFT 기법을 활용하고 있다. 잘 알려진 것처럼 시스템의 특성상 레이더 안테나가 목표물의 반사 신호를 획득할 수 있는 dwell time 이 상당히 짧게 주어지는 경우가 있다. 이러한 경우에는 해상도의 문제뿐만 아니라 매우 큰 부엽으로 인접하는 중요한 신호정보가 가려져서 탐지되지 않는 심각한 성능열화 현상이 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 극복하기 위한 효과적인 윈도우 방

법을 분석하였다.

## II. 데이터 윈도우의 종류 및 특성

윈도우중 가장 큰 부엽을 가지게 되는 경우는 획득한 수신신호를 그대로 FFT 를 이용하여 스펙트럼 추정을 행하는 것으로서 이러한 경우는 구형파(rectangular) 윈도우를 적용한 것으로 생각할 수 있다. 물론 구형파 윈도우를 적용하면 신호에 대한 가중치 계수의 곱이 필요하지 않을 뿐 만 아니라 추가적인 신호의 손실도 일어나지 않는다. 그러나 누설현상으로 매우 큰 부엽이 발생되므로 인근 주파수 영역에서 발생할 수 있는 목표물 신호에 대한 탐지가 매우 어려운 경우가 자주 발생할 수 있다.

데이터 윈도우의 종류는 매우 많다. 그러나 일반적으로 부엽 레벨을 지나치게 낮게 유지하려면 비트 주파수 영역에서의 주 빔폭이 넓어지는 즉 해상도 문제가 일어날 수 있다. 따라서 부엽의 수준을 적절히 낮추면서도 빔폭을 적절히 유지할 수 있는 해밍(Hamming) 윈도우를 적용하였다. 해밍 윈도우는 다음과 같은 형태로 신호에 대한 가중치가 표시된다.

$$w(n) = \begin{cases} 0.54 + 0.46 \cos\left[\frac{2\pi}{N}n\right], & n = -\frac{N}{2}, \dots, -1, 0, 1, \dots, \frac{N}{2} \\ 0.54 - 0.46 \cos\left[\frac{2\pi}{N}n\right], & n = 0, 1, 2, \dots, N-1 \end{cases} \quad (1)$$

식 (1)과 표시되는 윈도우는 첫 번째 부엽의 상쇄를 통하여 부엽의 크기를 낮추는 방식인데 modified Hanning 윈도우라고 할 수 있다.

## III. 결과 및 고찰

이제 앞장에서 언급한 해밍 윈도우를 적용한 결과를 살펴보자. 먼저 비트 스펙트럼을 모의하기 위하여 거리에 따른 주파수 변이의 기준치는 비트 주파수 영역에서 0 이 되도록 조정하였으며 따라서 이동하는 물체의 도플러 주파수를 분석하는 형태로 결과를 분석하였다. 16 GHz 송신 주파수에 이동하는 물체의 속도는 90 m/sec 로 가정하였으며 신호 대 잡음비는 15dB, 지표면 반사파 등 원하지 않는 클러터 대 잡음비는 50dB 로 가정하였다. 그림 1은 원래의 비트 신호 스펙트럼을 나타내고 있다. 신호의 획득시간이 현저히 짧아지게 되면 그림 2에서 보는 것처럼 구형 윈도우의 큰 부엽으로 인하여 이동목표물의 비트 주파수

추출이 불가능해짐을 알 수 있다. 그러나 그림 3에서 확인할 수 있는 것처럼 해밍 윈도우를 적용할 경우 상대적으로 부엽을 크게 낮출 수 있기 때문에 클러터에 비해 낮은 전력을 갖는 신호라고 하여도 비트 주파수 탐지가 가능하게 된다.

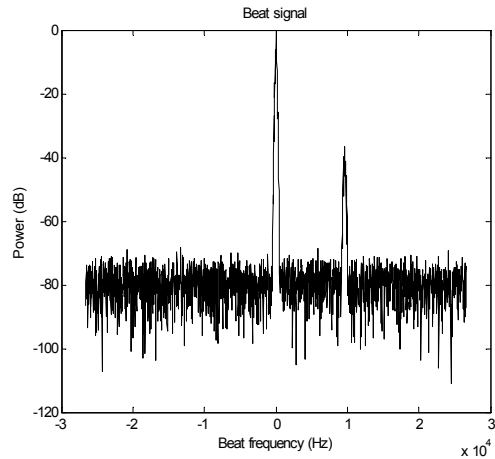


그림 1. 고정 및 이동물체에 의한 레이더 시스템에서의 비트신호 스펙트럼

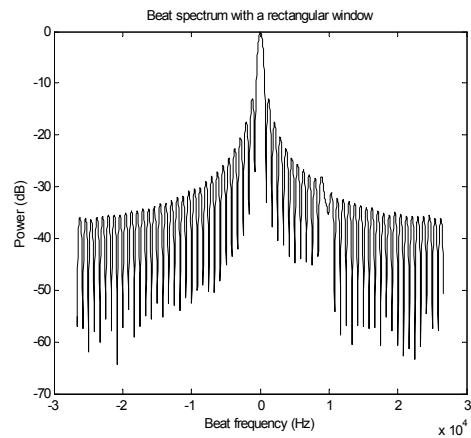


그림 2. 구형 데이터 윈도우를 적용하였을 때의 비트 스펙트럼 추정 결과

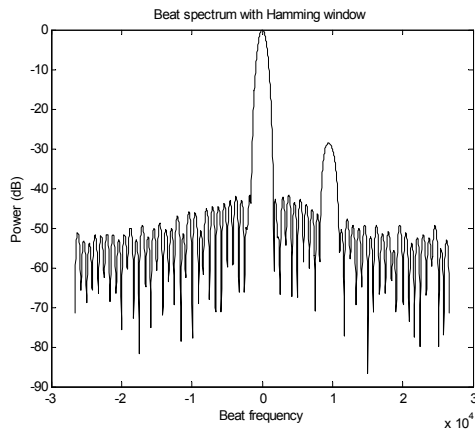


그림 3. 해밍 데이터 윈도우를 적용하였을 때의 비트 스펙트럼 추정 결과

#### IV. 결 론

비트 스펙트럼을 이용한 주파수 추정에서 일반적으로 신호획득 시간이 짧을 경우 부엽이 매우 크게 나타나게 된다. 이러한 이유 때문에 지표면 반사파 등 강력한 클러터 에코의 부엽으로 인하여 원래 탐지하고자 하는 목표물로부터 반사되는 에코 신호 주파수의 탐지가 불가능해질 수 있다. 따라서 이러한 문제점을 완화시키기 위하여 본 논문에서는 빔 폭을 많이 증가시키지 않으면서도 상대적으로 부엽 크기를 크게 줄일 수 있는 해밍 윈도우를 적용하여 비트 스펙트럼을 추정하였다. 결과에서 보는 것처럼 원래의 신호에 비하여 다소 빔 폭이 확장되었으나 신호의 비트 주파수 추정에는 큰 문제가 없음을 알 수 있다.

#### 참고문헌

- [1] A. H. Nuttal "Some windows with very good sidelobe behavior", IEEE Trans. Acoust. Speech Signal Process., vol. 29, pp. 84-91, Feb. 1981.
- [2] C. M. Rader, "An improved algorithm for high speed autocorrelation with applications to spectral estimation", IEEE Trans. Audio Electroacoust., vol. 18, pp. 439-442, Dec. 1966.
- [3] J. A. Scheer and J. L. Kurtz, *Coherent radar performance estimation*, Artech House, 1993.
- [4] M. I. Skolnik, *Introduction to radar systems*, McGraw-Hill, 2001.