김일성종합대학학보 주체110(2021)년
물리학 제67권 제1호

임풀스비간섭적분법과 상관처리법을 결합한 가우스 봉우리검출능력의 개선

김광혁, 박재연, 박영일

경애하는 **김정은**동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《수학, 물리학, 화학, 생물학과 같은 기초과학부문에서 과학기술발전의 원리적, 방법론적기초를 다져나가면서 세계적인 연구성과들을 내놓아야 합니다.》

일반적으로 잡음속에 묻혀있는 가우스형봉우리를 정확히 검출하는것은 여러가지 스펙트르분석(방사선스펙트르, X선스펙트르 등)에서 매우 중요하게 제기되며 해당 장치의 성능을 간접적으로 훨씬 높일수 있는 방도로 된다.[2, 3]

론문에서는 여러가지 신호처리에서 웨블레트변환방법에 의한 가우스봉우리검출방법과 가우스함수와 신호사이의 상관처리법, 비간섭적분법과 상관처리법의 결합을 고찰한데 기초하여 신호대잡음비를 최대로 높이는데서 나서는 몇가지 문제들을 고찰하였다.

1. 가우스봉우리검출에서 웨블레트의 리용

1개 임풀스검출의 신호대잡음비를 높이는 효과적인 방도의 하나로서 웨블레트변환을 리용하는 방법이 제기되였다.[1, 3]

일반적으로 신호 $f(t)$의 웨블레트변환결수는 다음과 같이 표시된다.

$$W(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) g_{a,b}(t) dt = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) g\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (1)$$

여기서 $W(a, b)$는 웨블레트변환결수, a는 척도파라메터, b는 이동파라메터, $g_{a,b}(t)$는 웨블레트이다.

식 (1)을 리산화하여 표시하면 다음과 같다.

$$W(a, b) = \sum_{n=0}^{\infty} g_{a,b}(n) f(n) \quad (2)$$

련속웨블레트변환을 리용하여 가우스형봉우리검출의 신호대잡음비를 높이는 방법에서는 흔히 가우스함수의 2계도함수로 표시되는 메히꼬모자웨블레트를 웨블레트모함수로 선택한다.(그림 1)

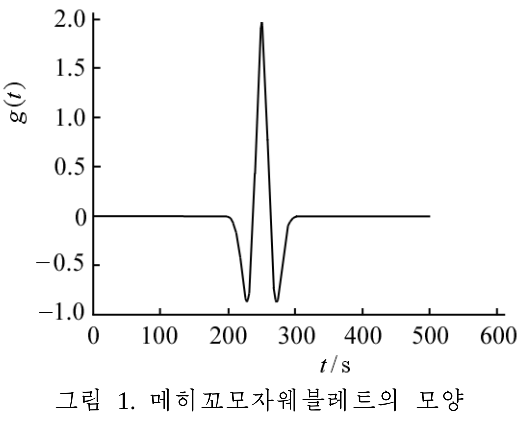

그림 1. 메히꼬모자웨블레트의 모양

$$g(t) = \frac{2}{\sqrt{3}} \pi^{-1/4} (1-t^2) \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) \quad (3)$$

웨블레트변환방법에서는 척도파라메터와 이동파라메터를 변화시키면서 계산된 웨블레트변환결수들중에서 최대값을 가지는 위치를

신호봉우리의 위치로 판정한다. 이 방법은 본질에 있어서 식 (3)으로 표시되는 웨블레트모함수로부터 결정되는 웨블레트렬과 신호렬과의 상관처리이다.

그러나 가우스형봉우리의 위치판정을 진행할 때에는 엄격한 조건을 요구하는 웨블레트함수와만 상관을 취하여야 할 필요는 없다.

그러므로 웨블레트함수를 리용하지 않고 직접 가우스함수와의 상관처리를 진행하여 잡음에 묻혀있는 신호를 검출할수 있다고 볼수 있다.

2. 가우스함수와의 상관처리를 통한 신호대잡음비의 개선

그림 1에서 알수 있는것처럼 웨블레트는 대칭성이 매우 높고 중심에서 량끝부분으로 가면서 급격히 감소하면서 진동하는 모양을 가진다.

이제 중심점에서부터 좌우로 M개 점을 선택해보자.

그러면 식 (2)에서 척도파라메터 a를 고정할 때

$$W(b)=\sum_{n=0}^{N}G(n-b)f(n)=\sum_{n=b-M}^{b+M}G(n-b)f(n)=\sum_{p=-M}^{M}G(p)f(b-p) \tag{4}$$

를 얻는다.

결국 웨블레트변환은 신호를 웨블레트창문폭 $2M$만 한 구간과 상관을 취하는것으로 해석된다.

가우스봉우리의 위치판정을 목적으로 할 때 웨블레트가 만족시켜야 할 대칭성, 진동 및 수렴조건중에서 진동조건을 무시하고 대칭성이 만족되면서 량끝으로 가면서 급격히 감소하는 함수를 상관함수로 선택할수 있다. 이러한 조건이 만족되는것은 가우스함수이다.

가우스함수의 형태를 선택할 때 다음의 문제에 주목을 돌리자.

방사선스펙트르분석기, X선스펙트르분석기를 비롯한 스펙트르를 측정하는 신호검출장치들은 자기의 고유한 분해능을 가지고있다. 따라서 검출되는 신호봉우리의 너비도 일정하다.

그러므로 신호렬과 상관처리를 취할 가우스봉우리의 반폭을 신호검출장치의 분해능으로 정할수 있다.

수신신호검출장치의 분해능을 Δ라고 하면 가우스봉우리형태는 다음과 같이 쓸수 있다.

$$G(t)=\frac{A}{\sqrt{2\pi}\Delta}\exp\left(-\frac{t^2}{2\Delta^2}\right) \tag{5}$$

여기서 평균값은 0이고 진폭 A는 수신신호의 전반적인 진폭을 보고 결정한다.

이제 0.5ms구간(즉 임풀스반복주기가 0.5ms)에 0.5μs의 폭을 가진 가우스형임풀스신호가 가우스백색잡음에 묻혀 0.25ms일 때 발생하며 10MHz의 주파수로 표본화된다고 가정하자. 이 신호렬을 메히꼬모자웨블레트를 리용하여 련속웨블레트변환할 때와 가우스함수와의 상관처리를 진행할 때 신호대잡음비의 개선에 대하여 고찰하였다.

1개 임풀스반복주기내에서 발생된 가우스봉우리검출을 위하여 웨블레트변환 및 상관처리를 진행하였다. 입구신호대잡음비가 6～7dB일 때 표본화주파수에 따르는 신호대잡음비의 변화를 표 1에 주었다.

표 1로부터 표본화주파수가 8MHz이상일 때 즉 표본화정리로부터 얻어지는 최소주

파수의 2배이상일 때 충분한 리득이 얻어진다는것을 알수 있다. 또한 이때 웨블레트변환의 경우에는 5～6dB정도, 상관처리인 경우에는 웨블레트변환방법보다 1～2dB정도의 더 큰 리득이 얻어진다. 이것은 가우스함수와의 상관처리법이 웨블레트변환방법보다 더 우월하다는것을 보여준다.

표 1. 표본화주파수에 따르는 신호대잡음비의 변화

표본화주파수 /MHz	입구 SN비/dB	웨블레트변환후 SN비/dB	상관처리후 SN비/dB
4	5.9	6.6	3.5
5	6.4	8.6	9.8
6	6.5	8.3	12.7
7	6.6	11.7	10.7
8	6.6	11.7	13.3
9	6.6	11.3	12.5
10	6.5	11.6	12.7

3. 임풀스비간섭적분법과 상관처리법의 결합에 의한 신호대잡음비의 개선

임풀스비간섭적분법[2]과 가우스함수와의 상관처리법을 결합할 때 신호대잡음비의 개선에 대하여 고찰하였다. 이때 적분되는 임풀스의 개수는 16개로 하였다.

그림 2－4에서 입구신호, 임풀스비간섭적분처리를 진행한 후의 신호, 가우스함수와의 상관처리를 진행한 후의 신호모양들을 보여주었다.

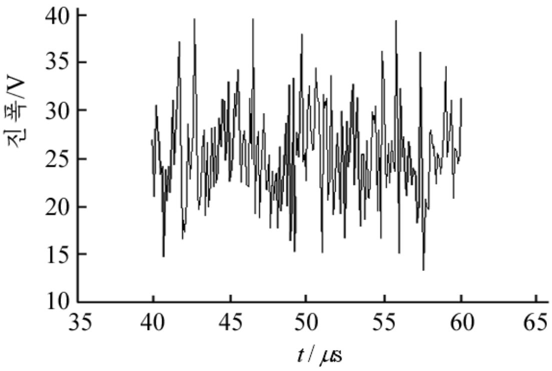

그림 2. 잡음속에 묻혀있는 입구신호(−6.7dB)

그림 2－4로부터 알수 있는것처럼 입구신호에서 잡음에 묻혀 전혀 알수 없던 신호봉우리들(그림 2)이 임풀스비간섭적분처리를 한 후(그림 3) 가우스함수와의 상관처리를 진행하여 정확히 검출된다.(그림 4)

−9.8～10dB 의 입구신호에 대하여 임풀스비간섭적분법과 상관처리법을 결합한 방법으로 처리할 때 얻어지는 총리득에 대하여 모의하였다.(표 2)

표 2로부터 임풀스비간섭적분결과와 가우스함수와의 상관처리를 진행하면 평균 약 18dB의 리득을 얻을수 있다는것을 알수 있다. 이것은 수자신호처리적으로 상당한 리득이 얻어진다는것을 보여준다.

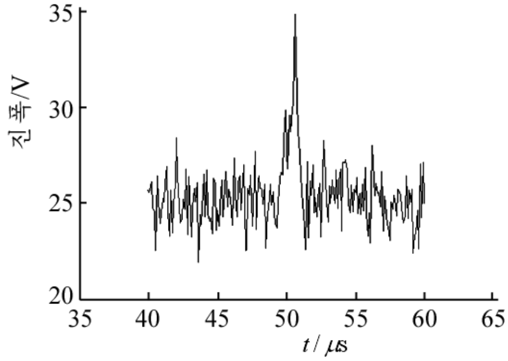

그림 3. 16차례의 임풀스비간섭적분처리후 신호(5.3dB)

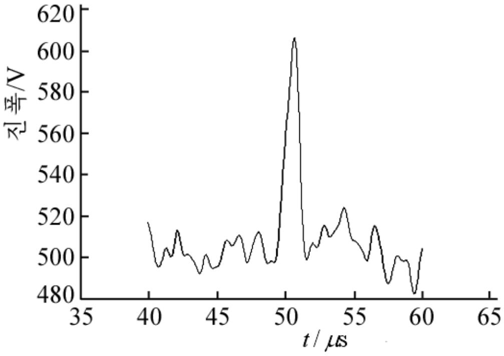

그림 4. 16차례의 임풀스비간섭적분결과와 가우스함수와의 상관처리후의 신호(13.2dB)

표 2. 16차례의 임풀스비간섭적분결과와 가우스함수와의 상관처리후 SN비의 개선

입구 SN비/dB	적분처리후 SN비/dB	상관처리후 SN비/dB	총리득 /dB
10.0	22.1	29.2	19.2
8.3	20.5	26.6	18.3
7.2	19.1	25.1	17.9
6.0	18.1	24.0	18.0
4.1	16.2	22.7	18.6
2.1	14.3	21.9	19.8
0.5	12.5	17.8	17.3
−1.8	10.1	15.1	16.9
−3.9	8.1	14.8	18.7
−6.8	5.3	11.2	18.0
−8.0	4.1	11.7	19.7
−8.9	3.0	10.0	18.9
−9.8	2.2	4.6	15.4

맺 는 말

1) 웨블레트변환이나 상관처리를 진행할 때 표본화주파수는 최소한 표본화정리에 의하여 규정되는 최소주파수보다 4배이상은 되여야 한다.

2) 가우스함수와의 상관처리는 웨블레트변환에 의한 신호검출보다 SN비를 3～4dB정도 더 높일수 있게 한다.

3) 16차례의 임풀스비간섭적분처리후 가우스봉우리와의 상관처리를 진행하면 평균 18dB의 리득을 얻을수 있다.

참 고 문 헌

[1] 리강혁; 웨블레트변환의 기초와 응용, 봉화출판사, 242～255, 주체96(2007).

[2] B. F. Mahafza; Radar Signal Analysis and Processing using MATLAB, Chapman & Hall/CRC, 266～275, 2008.

[3] Ali Pazirandeh; Natural Science, 3, 11, 963, 2011.

주체109(2020)년 9월 5일 원고접수

Improvement of the Detecting Capacity of Gaussian Peak by Combining Impulse Noncoherence Integral Method and Correlation Processing Method

Kim Kwang Hyok, *Pak Jae Yon* and *Pak Yong Il*

In spectrum processing, SN ratio of Gaussian peak can be improved by combining impulse noncoherence integral method and correlation processing method with Gaussian.

SN ratio by correlation processing with Gaussian is 3～4dB higher than that by wavelet transformation.

Keywords: correlation, impulse noncoherence integral method