김일성종합대학학보 (정보과학)
주체107(2018)년 제64권 제1호

주파수추정에서 턱값결정과 잡음처리의 한가지 방법

김영광, 강덕길

우리는 수신신호의 주파수추정을 위한 잡음처리에서 잡음환경에 따르는 턱값을 설정하여 잡음처리를 진행함으로써 추정정확도를 높이는 문제를 연구하였다.

일반적으로 잡음의 확률분포특성을 리용하는 잡음처리방법[1, 2]들에 대해서는 많이 연구되였다.

그러나 많은 현실문제들에서는 그것의 확률적특성을 론하기 힘든 매우 불규칙적인 잡음들이 동반되고 그 환경이 부단히 변화되는 경우들이 많이 제기된다.

이로부터 론문에서는 잡음환경에 맞게 턱값을 설정하고 그것을 리용하여 잡음을 처리하였다.

일반적으로 수자신호처리에서는 전송과정에 잡음들의 영향을 많이 받는 조건에서 본래신호의 정확한 주파수를 추정하는 문제가 제기된다.

주파수 f는 $\omega = 2\pi f$이므로 각속도 ω에 의해 결정된다.

주파수변조된 전송 및 수신신호프레임 $S_r = (s_{r1}, s_{r2}, \cdots, s_{rN})$의 힐베르트변환

$$H = (h_1, h_2, \cdots, h_N)$$

에서 매 i들에 대하여

$$h_i = H_i e^{j\varphi_i} \tag{1}$$

이고 입력되는 띠염신호 s_i들사이의 시간간격을 Δt라고 하면 i순간 각속도는

$$\omega_{ri} = \frac{\varphi_i - \varphi_{i-1}}{\Delta t} \tag{2}$$

로 표시된다. 그런데 ω_{ri}는 자기의 정확한 각속도에 잡음이 가해지고 이 잡음은 매우 불규칙적이며 정확한 확률분포를 기대할수 없는 경우들이 있다.

우리는 이러한 조건에서 변화범위밖의 잡음값들을 턱값을 설정하여 처리하고 최소두제곱법으로 주파수값을 추정하는 한가지 방법을 제기하였다.

1. 턱값결정

수신되는 신호프레임 $S_r = (s_{r1}, s_{r2}, \cdots, s_{rN})$에서 턱값을 설정하고 그에 따라 잡음처리하는 부분렬들의 길이를 dl이라고 하고 부분렬

$$s_{rk+i},\ i = 1, \cdots, dl,\ k = 1, \cdots, K,\ K = \frac{N}{dl} \tag{3}$$

에 대응하는 부분각속도신호렬

$$\omega_{rk+i},\ i = 1, \cdots, dl,\ k = 1, \cdots, K,\ K = \frac{N}{dl} \tag{4}$$

들에 대한 턱값을 다음과 같이 결정한다. 여기서 턱값에 따라 처리되는 변화범위밖의 잡

음값들의 비률을 실험적으로 정해주어 길이가 dl 인 부분렬에서 처리되는 ω_{ri} 들의 개수 $2t$ 는 정해진것을 전제로 한다.

먼저 가능한 위상변화구간 $[-2\pi,\ 2\pi]$ 에서 각속도분포수값렬 $N_\omega(j),\ j=1,\ \cdots,\ M$ 을 다음과 같이 구한다.

$[-2\pi,\ 2\pi]$ 를 분해능 $\Delta\omega$ 로 $M=\left[\dfrac{4\pi}{\Delta\omega}\right]$ 개의 부분구간들로 나누고 식 (4)의 ω_{ri} 들이 어느 구간에 놓이는가를 판정한다.

만일 ω_{ri} 들이 $[(j-1)\Delta\omega,\ j\Delta\omega)$ 구간에 놓이면 $N_\omega(j)$ 의 값을 하나씩 증가시키는 방법으로 길이가 dl 인 부분렬전체에서의 $N_\omega(j),\ j=1,\ \cdots,\ M$ 의 값들을 구한다. 그러면 식 (4)의 길이가 dl 인 수신신호부분렬들에 대하여 각속도분포수값렬 $N_\omega(j),\ j=1,\ \cdots,\ M$ 이 얻어지며

$$\sum_{j=1}^{M} N_\omega(j)=dl$$

이다.

변화범위밖의 값들은 $j=0,\ 1,\cdots$ 들과 $j=M,\ M-1,\ \cdots$ 근방에 다시말하여 위상변화구간의 바깥쪽으로 즉 $[0,\ \Delta\omega),\ [\Delta\omega,\ 2\Delta\omega),\ \cdots$ 들과 $[(M-1)\Delta\omega,\ M\Delta\omega),\ [(M-2)\Delta\omega,\ (M-1)\Delta\omega),\ \cdots$ 쪽으로 치우친 구간들로서 각속도분포수값렬 $N_\omega(j)$ 의 정의구역의 량끝쪽에 놓이게 된다.

이로부터

$$\sum_{j=1}^{j1} N_\omega(j)=t,\quad \sum_{j=j2}^{M} N_\omega(j)=t$$

인 $j1$, $j2$ 값들을 정하고 ω_{ri} 변화의 아래, 우턱값들을 다음과 같이 결정한다.

$$th1=j1\times\Delta\omega,\ th2=j2\times\Delta\omega$$

식 (4)에서 언급된 부분각속도신호렬 ω_{ri} 들에서 변화구간 $[th1,\ th2]$ 안에 있는 값들만 취하고 변화구간밖의 ω_{ri} 들은 제거한다.

ω_{ri} 들에서 변화구간 $[th1,\ th2]$ 안에 있는 값들만에 한하여 평균값을 계산하고 이 값을 제거된 ω_{ri} 들대신 대입한다.

이와 같은 과정을 식 (4)에서 언급된 모든 부분렬들에 대하여 반복하여 진행한다.

2. 최소두제곱법

턱값을 설정하고 잡음처리된 다음의 $\Omega_r=(\omega_{r1},\ \omega_{r2},\ \cdots,\ \omega_{rN})$ 의 추정을 위한 최소두제곱추정을 다음과 같은 부분렬들로 나누어 한다.

$$\omega_{ri},\ i=1,\ \cdots,\ bl,\ p=1,\ \cdots,\ P,\ P=\frac{N}{bl} \tag{5}$$

부분렬들의 길이 bl 은 프레임전체 길이와 주파수변조특성을 고려하여 정한다.

최소두제곱추정은 평가기준식

$$\min:\ J=\sum_{i=1}^{bl}[\omega_{ri}-(c_1 i+c_0)]^2 \tag{6}$$

을 최소로 하는 결수 c_1, c_0값을 구하는 방법으로 한다.

길이가 bl인 첫 부분렬에서는 우의 결수 c_1, c_0값들을 구하고 이 렬의 중간점에서부터 역시 길이가 bl인 다음부분렬에서는 이미 구해진 c_0값에 기초하여 다음부분렬의 c_1을 구하는 방법으로 이 과정을 마지막까지 반복한다.

먼저 첫 부분렬 $s_1, s_2, \cdots, s_{bl}$에서의 최소두제곱추정을 하여 얻은 결수 c_1, c_0에 관하여 첫 부분렬 $s_1, s_2, \cdots, s_{\frac{bl}{2}}$에서의 신호렬은 다음과 같은 선형근사식에 의하여 표시할수 있다.

$$\hat{\omega}_i = c_1 \cdot i + c_0,\ i = 1,\ \cdots,\ \left[\frac{bl}{2}\right] \tag{7}$$

다음 부분각속도신호렬

$$\omega_{ri},\ i = \left[\frac{bl}{2}\right] + 1,\ \cdots,\ \left[\frac{bl}{2}\right] + bl \tag{8}$$

에서의 최소두제곱추정은 상수항

$$c_0^1 = c_1 \cdot \left[\frac{bl}{2}\right] + c_0$$

으로 놓고 1차항결수 c_1^1을 평가기준식 (7)을 최소화하는 방법으로 계산한다. 여기서 c_1, c_0은 식 (7)의 값들이다.

이렇게 구한 결수들에 기초하여 부분각속도신호렬

$$\omega_{ri},\ i = \left[\frac{bl}{2}\right] + 1,\ \cdots,\ bl$$

에서의 최소두제곱추정식을 다음과 같이 구한다.

$$\hat{\omega}_{i + \left[\frac{bl}{2}\right]} = c_1{}^1 \cdot i + c_0{}^1,\ i = 1,\ \cdots,\ \left[\frac{bl}{2}\right]$$

우와 같은 과정을 반복하여 부분각속도신호렬

$$\omega_{ri},\ i = m \cdot \left[\frac{bl}{2}\right] + 1,\ \cdots,\ (m+1)\left[\frac{bl}{2}\right]$$

에서의 최소두제곱추정식

$$\hat{\omega}_{m \cdot \left[\frac{bl}{2}\right] + i} = c_1{}^m \cdot i + c_0{}^m,\ i = 1,\ \cdots,\ \left[\frac{bl}{2}\right]$$

들을 구할수 있다.

이렇게 하여 프레임신호렬 $\Omega_r = (\omega_{r1}, \omega_{r2}, \cdots, \omega_{rN})$에 대한 전구간에서의 순간주파수추정렬

$$\hat{\Omega} = (\hat{\omega}_1,\ \hat{\omega}_2,\ \cdots,\ \hat{\omega}_N)$$

을 구할수 있다.

3. 실험결과 및 분석

이제 신호프레임렬의 길이가 $N=2\times10^6$ 이고 다음과 같은 강한 잡음환경이 가해진 조건에서의 잡음처리결과와 선행연구[2]에서 언급된 최소두제곱법을 적용하는 결과를 비교한다.

수신신호 $S_r=(s_{r1}, s_{r2}, \cdots, s_{rN})$ 의 파형은 그림 1과 같다.

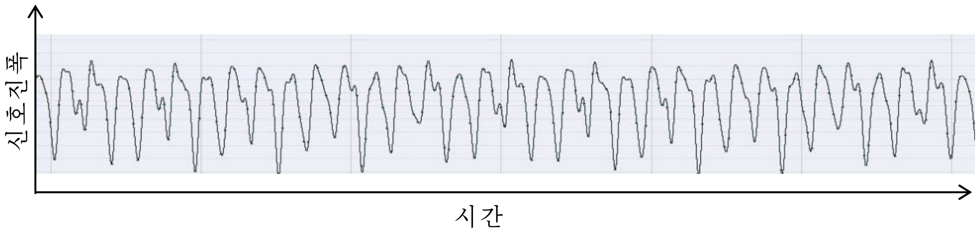

그림 1. 수신된 신호파형

선행연구에서 언급된 방법과 1과 2에서 언급된 방법들을 적용하면 다음의 결과곡선이 얻어진다.(그림 2) 여기서 $t=10$, $dl=100$, $bl=2\ 000$ 으로 하였다.

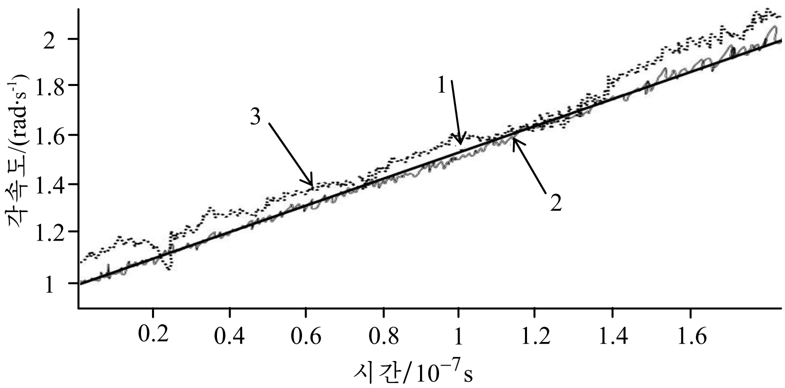

그림 2. 결과분석그라프

1—정확한 각속도곡선, 2—제안된 방법, 3—종전방법

그림 2에서 보는바와 같이 론문에서 제안한 턱값결정방법에 의한 최소두제곱법으로 잡음추정오차를 9%이하로 줄일수 있었다.

맺 는 말

수자신호처리에서 예상밖의 잡음값들을 제거하기 위한 턱값을 결정하고 이것을 리용하여 최소두제곱법을 적용하는 방법을 제기하였다.

잡음들의 확률적분포특성이 정해지지 않고 부단히 변화되는 조건에서 론문에서 제기한 방법은 전반신호처리의 성능을 한계단 높일수 있게 하였다.

참 고 문 헌

[1] Y.H.Liu et al.; IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, 21, 4, 113, 2015.
[2] Chih－Chiang Yang et al.; IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, 21, 4, 264, 2015.

주체106(2017)년 11월 5일 원고접수

A Method for Noise Processing and Determination Threshold in Frequency Estimation

Kim Yong Gwang, *Kang Tok Gil*

In this paper, we proposed one method for determination threshold and least squares in digital signal processing according to noise environment.

Key words: threshold, noise processing, least squares