

웨블레트변환에 의한 탄성파신호의 잡음제거

전광철, 최성준, 김현

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학연구기관들에서는 지질탐사에 대한 기초과학리론을 더욱 완성하며 지구화학탐사를 비롯한 앞선 탐사방법을 받아들이는데 필요한 현대과학리론을 깊이 연구하여 현장일군들의 실천활동에 도움을 주어야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제14권 507페이지)

지금 탄성파탐사부문에서는 푸리에변환과 웨블레트변환에 의한 잡음제거기술들이 많이 연구[2, 3]되어 널리 응용되고있다. 특히 시간령역과 주파수령역에서 신호의 국부적특징을 동시에 분석할수 있는 웨블레트변환은 최근시기 탄성파신호의 잡음제거에 널리 리용되고있다.

본문에서는 웨블레트변환의 턱값처리법을 리용하여 탄성파신호의 잡음을 제거할수 있는 한가지 방법을 제기하고 현실자료처리를 통하여 그 효과성을 검증하였다.

1. 탄성파신호의 웨블레트턱값처리법에 의한 잡음제거

웨블레트변환 특히 직교웨블레트변환을 진행할 때 웨블레트령역에서 신호의 에너지는 가장 큰 웨블레트결수에 집중되며 잡음의 에너지는 전체 웨블레트령역에 분포된다. 그러므로 웨블레트분해를 진행한 다음 신호의 웨블레트결수진폭값은 잡음의 웨블레트결수진폭보다 커진다.[1]

웨블레트턱값처리법에 의한 잡음제거과정은 다음과 같다.

잡음이 포함된 신호를 일정한 척도(보통 4~5계)까지 웨블레트분해한다. 일정한 턱값을 설정한 다음 진폭값이 이 턱값보다 작은 웨블레트결수는 0으로 놓고 이 턱값보다 큰 웨블레트결수는 보류하거나 해당하는 처리를 할수 있다. 다음 턱값처리를 진행하여 얻은 웨블레트결수들에 거꾸로웨블레트변환을 적용하여 잡음이 제거된 신호를 얻는다.

이때 턱값처리방법에는 엄격한 턱값처리법과 유연한 턱값처리법이 있다.

엄격한 턱값처리법에서는 신호를 웨블레트변환한 다음 웨블레트결수를 턱값과 비교하여 턱값보다 작거나 같은 웨블레트결수는 0으로 놓고 턱값보다 큰 결수들은 보류한다. 그리고 유연한 턱값처리법에서는 턱값보다 큰 웨블레트결수들을 그것과 턱값사이의 차값으로 변화시킨다. 즉

엄격한 턱값처리법에서는

$$\tilde{W}_{j,k} = \begin{cases} W_{j,k}, & |W_{j,k}| > \lambda \\ 0, & |W_{j,k}| \leq \lambda \end{cases} \quad (1)$$

유연한턱값처리법에서는

$$\tilde{W}_{j,k} = \begin{cases} W_{j,k} - \lambda, & |W_{j,k}| \geq \lambda \\ 0, & |W_{j,k}| < \lambda \end{cases} \quad (2)$$

여기서 $W_{j,k}$ 는 탄성파신호의 웨블레트결수이고 λ 는 선택한 턱값이다.

우리는 턱값 λ 를 $\lambda = \sigma\sqrt{2\ln N}$ 으로 설정하였다. 여기서 σ 는 잡음의 표준두제곱편차이고 N 은 자료점수이다. 잡음은 주로 가장 작은 척도 즉 $J-1$ 계척도($J = \log_2 N$)에 집중되므로 이 척도에서의 웨블레트결수 $W_{J-1,k}$ ($k=1, 2^{J-1}$)를 리용하여 잡음의 표준두제곱편차를 계산할수 있다. 즉

$$\sigma = \text{Median}(|W_{J-1,k}|)$$

턱값처리법은 신호분석과 화상처리에 널리 리용되고있는데 일반적으로 신호압축을 진행할 때에는 엄격한 턱값처리법을 리용하고 신호의 잡음제거에서는 유연한 턱값처리법을 리용한다.

웨블레트턱값처리법에 의한 탄성파신호의 잡음제거알고리즘은 다음과 같다.

① 잡음을 포함한 탄성파신호에 대하여 직교웨블레트변환을 적용하여 신호를 분해한다. 즉 길이가 N 인 잡음을 포함한 탄성파신호 X 에 대하여 직교웨블레트변환을 적용하여 각 이한 척도들에서의 척도결수와 웨블레트결수를 얻는다.

② 웨블레트결수에 대하여 위에서 서술한 유연한 턱값처리를 진행한다.

③ 거꾸웨블레트변환을 진행한다.

가장 큰 척도에서의 저주파척도결수와 모든 척도들에서의 턱값처리후에 얻어진 웨블레트결수에 거꾸웨블레트변환을 적용하여 잡음이 제거된 탄성파신호를 얻는다.

2. 적용 사례

우리는 《x》지구 탄광 채굴갱에서 탄성파탐사를 진행하여 얻은 탄성파신호를 위에서 서술한 웨블레트턱값처리법으로 처리하여 고주파우연잡음을 제거하였다.(그림)

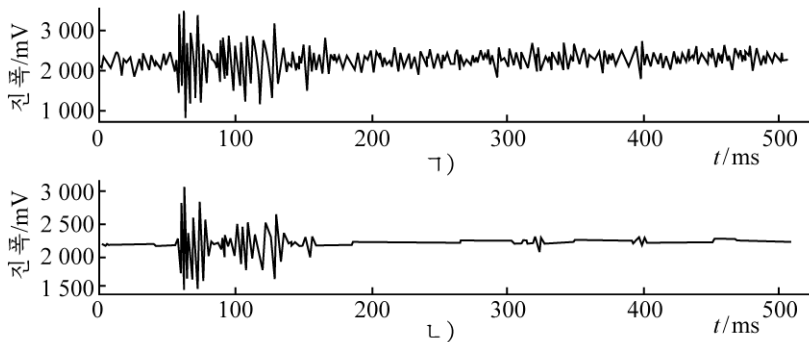


그림. 탄성파신호의 잡음제거
 ㄱ) 원시신호, ㄴ) 잡음을 제거한 신호

그림에서 보는바와 같이 원시신호에서는 첫도달파와 유효반사파를 정확히 구분하기 어렵지만 잡음을 제거한 신호에서는 첫도달파와 유효반사파를 명백히 구분할수 있다.

맺는말

웨블레트트릭값처리법을 리용하여 탄성파신호에 포함된 잡음을 제거할수 있는 한가지 방법을 제기하였다.

제기한 웨블레트트릭값처리법을 《자》지구 탄광 채굴갱에서 탄성파탐사작업을 진행하여 얻은 탄성파신호처리에 적용하여 신호에 포함된 잡음을 효과적으로 제거하고 첫도달파와 유호반사파를 명백히 식별하였다.

참고문헌

- [1] 김정훈; 웨블레트해석과 응용, 공업출판사, 267~272, 주체100(2011).
- [2] George; Geophysics, 66, 6, 1793, 2001.
- [3] Y. Yang; Geophysical Prospecting, 58, 669, 2010.

주체103(2014)년 7월 5일 원고접수

Denoise of Seismic Signal via Wavelet Transform

Jon Kwang Chol, Choe Song Jun and Kim Hyon

Wavelet transform is more suitable than the conventional Fourier transform for the seismic analysis or the processes.

This paper proposed the method that can remove noise included in the seismic signal by threshold shrinking wavelet. The field data application indicates that our method can remove effectively noise included in the seismic signal and distinguish explicitly first arrival wave and reflection.

Key words: wavelet, seismic, denoise