

웨블레트변환에 의한 GPR신호에서 목표특징강조의 한가지 방법

유진희, 홍원기

선행연구[1-3]에서는 Canny의 경계강조법을 비롯하여 GPR신호에서의 목표의 특징강조방법들을 제안하였는데 이러한 방법들은 지층과 같이 복잡한 구조에서는 정확도가 떨어지는 결함이 있다. 또한 웨블레트변환을 리용하는 경우에도 토대함수의 제한성으로 하여 경계특징을 보다 뚜렷이 하지 못하는 결함들이 있다.[4, 5]

우리는 웨블레트로대를 새로 구성하고 그에 기초하여 GPR신호에서 목표의 경계특징강조방법을 제기하였으며 그 우월성을 실험을 통하여 확증하였다.

1. 웨블레트변환에 의한 목표의 특징강조

GPR신호는 일정한 형태의 간섭신호에 의해 이지러진 신호이다. 대상물탐지과정은 필요한 목표신호를 강조하여 검출하고 간섭 및 장애신호들을 제거하는 과정이라고 볼 수 있다. 즉 목표와 간섭을 가능한것 쉽게 또는 자동적으로 탐지하고 분류할수 있는 안정한 체계를 개발하는것이 매우 절실한 요구로 제기되고있다.

많은 응용들에서 간섭신호는 시간에 따라 변하는 환경의 성질로 하여 비정상인 신호로 나타난다.

신호와 간섭의 비정상적인 성질을 연구하기 위하여 웨블레트변환을 리용한다. 그것은 웨블레트변환이 특징추출에 매우 적합하므로 이것을 리용하여 목표신호를 강조하고 간섭신호를 가능한것 약화시킬수 있기때문이다.

특징강조는 GPR방향신호를 리용한 목표탐지와 분류에서 중요한 역할을 한다.

목표신호의 크기 등 정보들을 리용하여 적합한 특징을 강조해주는 처리를 진행하면 처리된 GPR신호에서 목표신호를 훨씬 더 높은 정확도로 추출할수 있다.

2. 웨블레트로대함수의 구성과 그에 의한 웨블레트변환

$0 < \varepsilon \leq \pi/3$ 인 실수 ε 에 대하여 척도함수를 다음과 같이 구성한다.(그림 1)

$$\varphi(x) = \begin{cases} \frac{1}{\pi} \cdot \frac{(-\sin(\pi - \varepsilon)x + 2\sin \pi x - \sin(\pi + \varepsilon)x)}{x^3 \varepsilon^2}, & x \neq 0 \\ 1, & x = 0 \end{cases}$$

여기로부터 웨블레트로대함수는 다음과 같이 정의한다.(그림 2)

$$\Psi(x) = 2\varphi(2x-1) - \varphi\left(x - \frac{1}{2}\right)$$

한편 GPR 수신 신호는 여러 척도를 가진 웨블레트토대 함수들이 이루는 공간으로 사영할 수 있다.

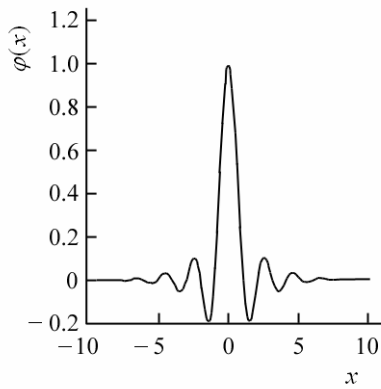


그림 1. 척도 함수

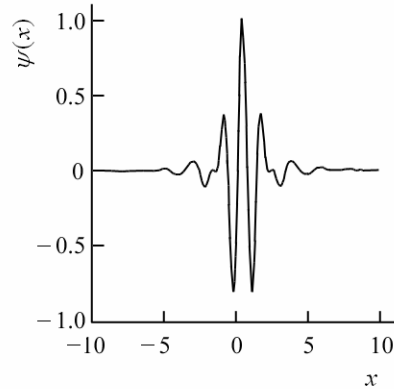


그림 2. 웨블레트토대 함수

이때 사영된 N (수평방향회선수)개의 표본을 가진 유한한 에네르기수열 $x(n)$ 의 2진 웨블레트변환을 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$W(j, k) = \sum x(n) \psi_{j, k}(n)$$

$$\psi_{j, k}(n) = 2^{-j/2} \psi(2^{-j}n - k)$$

여기서 $W(j, k)$ 는 $x(n)$ 의 웨블레트분해결수이며 $\psi_{j, k}(n)$ 은 모웨블레트 ψ 를 2^j 로 척도 변환하고 $2^j k$ 만큼 시간밀립하여 얻은 값으로서 이것은 다음의 고속실현알고리즘을 리용하여 계산할 수 있다.

$$a_{j+1}[k] = \sum_{n=2}^{N-1} h[n-2k] a_j(n)$$

$$d_{j+1}[k] = \sum_{n=0}^{N-1} g[n-2k] a_j(n)$$

여기서 $a_{j+1}[k]$ 와 $d_{j+1}[k]$ 는 각각 척도 j 에서의 웨블레트근사결수 및 세부결수들이다. 그리고 함수 h 와 g 는 각각 저역 및 고역통과분해려파기임펄스응답이고 N 은 려파기길이이다. 또한 초기 a_0 은 원래의 유한길이수열 $x(n)$ 과 등가이다.

3. 제안된 웨블레트변환에 기초한 GPR신호의 목표특징강조

우선 GPR신호에 대하여 제안된 웨블레트토대에 의한 웨블레트변환을 진행한다.

다음 웨블레트변환에서 목표특징들을 선택하고 그것에 해당하는 웨블레트결수들만 남기고 나머지결수들은 0으로 놓은 다음 웨블레트역변환을 실시하여 신호를 재구성함으로써 목표특징들을 강조한다.

웨블레트려파기는 구체적으로 다음과 같이 구성할 수 있다.

목표크기(실례로 10~20cm)에 대하여 GPR신호에 영향을 줄수 있는 수평방향의 회선

개수(실례로 회선가격이 3.5cm일 때 목표가 영향을 줄수 있는 회선개수범위는 3~7)를 선택하는데 이때 최소값과 최대값을 각각 N_{\min} , N_{\max} 로 표시한다.

다음 척도인자 $j = N_{\min}$ 부터 $j = N_{\max}$ 까지의 웨블레트결수들을 구하고 나머지 결수들은 모두 0으로 놓는다.

마지막으로 웨블레트역변환알고리즘을 리용하여 신호를 재구성하여 영상으로 현시한다.

원천신호가 다음과 같을 때 진행한 신호의 재구성실험결과는 표 1과 2와 같다.

주파수: 2, 3, 4(Hz), 진폭: 0.6, 0.5, 0.3(dB), 위상: 0.628 3, 1.047 2, 0.123 4(°)

표 1. SNR가 80dB일 때 신호의 재구성실험결과

	주파수/Hz				진폭/dB				위상/(°)				
EP방법	2.000 1	3.000 5	4.000 1	0.602 7	0.508 4	0.300 8	0.626 1	1.041 3	0.123 6				
LP방법	2.0	3.0	4.0	0.6	0.5	0.3	0.628 3	1.047 2	0.123 4				
제안된 방법	2.0	3.0	4.0	0.6	0.5	0.3	0.628 3	1.047 2	0.123 4				

표 2. SNR가 10dB일 때 신호의 재구성실험결과

	주파수/Hz				진폭/dB				위상(°)						
EP방법	2.8	26.18	43.05	2.36	0.51	0.87	0.728	1.656	1	2.640	6				
LP방법	1.998	2.996	4.077	0.638	3	0.563	2	0.351	8	0.661	4	1.116	1	0.043	8
제안된 방법	1.999	2.997	4.006	0.599	6	0.522	2	0.332	6	0.628	3	1.047	2	0.123	4

실험결과에서 보는바와 같이 신호대잡음비가 80, 10dB인 경우 각각 선행한 방법에 의한 목표추정방법의 정확도가 10^{-2} 정도일 때 제안된 방법에 의한 목표추정의 정확도가 10^{-4} 이상 높다는것을 알수 있다.

맺 는 말

웨블레트러파기에 기초한 GPR신호의 목표특징강조알고리즘은 지표면으로부터의 간섭에 대하여 안정하며 비교적 좋은 성능을 보여준다. 이 방법은 신경망에 의한 화상처리와 결합하여 목표의 자동탐지도 실현할 가능성을 준다.

론문에서 제기한 방법에 의한 결과는 선행방법에 비하여 웨블레트토대에 의한 경계강조가 보다 높은 정확도의 근사를 실현한다는것을 알수 있다.

참 고 문 헌

- [1] M. L. Buursink et al.; Geophysical Journal International, 172, 1, 2011.
- [2] J. R. Ernst et al.; Geophysics, 75, 5, 53, 2013.
- [3] B. Giroux et al.; Computers & Geosciences, 39, 1080, 2012.
- [4] B. Giroux et al.; Computers & Geosciences, 41, 126, 2014.
- [5] E. Gloaguen et al.; Journal of Applied Geophysics, 62, 141, 2014.

A Method of Emphasising the Character of Target on GPR Signal by Using Wavelet Transformation

Yu Jin Hui, Hong Won Gi

We composed a new wavelet basis and the method of emphasising the character of target on GPR signal with a high precision by our wavelet transformation.

Key words: GPR, wavelet transform, Canny's method