

시차경과 탄성과 자료들의 상호평활화를 위한 제약적 최적 매치필터링 방법

최윤경¹⁾, 지준²⁾

¹⁾한성대학교 지구환경자료처리실험실, yungyeong_choi@hanmail.net

²⁾한성대학교 정보시스템공학과

A constrained optimum match-filtering method for cross-equalization of time-lapse seismic datasets

Yun Gyeong CHOI¹⁾, Jun Ji²⁾

¹⁾Geo-environmental Data Processing Lab, Hansung Univ.

²⁾Dept. of Information System Engineering, Hansung Univ.

1. 서론

시차경과(Time-lapse) 3차원 탄성과자료의 상호평활화(Cross-equalization)는 저류층 특성연구와 모니터링 연구의 일환으로 탄성과 탐사의 비반복성으로 인해 탐사 획득 및 처리 과정에서 생기는 자료의 차이를 최소화하기 위한 매치필터링(match-filtering), 진폭수정(amplitude scaling), 정적보정(static corrections) 등의 여러 통계적 절차를 포함하는 연구이다. 본 연구에서는 상호평활화를 위한 최적의 매치필터링 방법을 제안하고자 한다.

2. 본론

상호평활화를 위한 매치필터링은 주파수대역 평활화(bandwidth equalization)와 위상 회전(phase rotations)을 포함하며, 서로 다른 송신 파형으로 인한 차이를 보정하기 위한 과정이다. 시차경과 탄성과 자료에 상호평활화 과정 없이 단면의 차이를 구하면 탄성과 탐사의 비반복성으로 인해 저류암의 유동을 파악할 수 없다(Fig. 1). 시차경과 탄성과 자료의 상호평활화는 과거에 수행된 탐사를 기저탐사라 하고, 동일지역에 모니터링을 위해 수행된 탐사를 모니터탐사라 할 때, 저류층을 관통하지 않는 영역 중 시간축을 따라 강한 수평 반사면이 보이는 시간대를 포함하는 부분을 훈련창(training window)으로 선택하여 매치필터링을 수행한 후, 도출된 파라미터를 저류암의 유동이 예측되는 관심 영역에 적용한다(Rickett, 1997). 본 연구에서는 여러 가지 상호평활화 계산을 비교 분석하기 위해서 3차원 모형(Claerbout, 1994)을 만들어 사용하였는데, 이 합성자료는 중합후 시간영역 구조보정 결과물로 간주할 수 있으며, 모니터링을 위하여 같은 규모의 모형에 저류암의 유동이 없는 자료와 저류암의 유동을 삽입한 자료를 만들었다. 기저 탐사 자료는 저류암 유동이 없는 자료에 저주파 필터를 적용하여 구하였다.

2-1. 기존의 방법들 (conventional methods)

기존의 매치필터링 계산은 주파수 영역, 시간 영역, 혼합 영역 등에서 이루어진다. 주파수 영역 매치필터링에서 대역 평활화는 복소수 신호의 진폭과, 위상회전은 복소수 신호의 위상과 각각 관련되기 때문에, 먼저 진폭을 규격화하여 평활화를 수행한 후 위상을 보정하는 단계로 이루어진다(Fig. 2(a)). 시간 영역 매치필터링에서는 대역폭과 위상 문제를 쉽게 분리시킬 수 없다. 그러나 훈련창에 대하여 모니터 탐사자료 s_2 와 기저 탐사자료 s_1 의 차이를 최소화시키는 필터를 고안하여 두 단계를 모두 해결할 수 있다. 이 필터는 마치 임펄스 반응에 파형을 입히는 저주파 필터링과 유사하다. 즉, 저주파의 기저탐사와 고주파의 모니터탐사 자료를 평활화하기 위해서 모니터탐사 자료에 저주파 필터를 걸어 두 자료를 일치시키는 것이다. 이 경우 모니터 탐사의 고주파 성분을 잃어버리게 되는 단점이 있으나, 간단한 계산으로 정확한 매치필터링을 수행한다(Fig. 2(b)). 혼합영역에서는 주파수영역에서 대역평활화를 시행한 후 시간영역에서 필터로 위상보정을 수행한다. 이러한 혼합영역 알고리즘으로 문제를 풀게 되면, 시간영역 계산에 비해 스펙트럼 전 영역에 대해 제어가 가능하고, 주파수영역 계산에서 관찰되었던 급격하게 변화하는 위상이 나타나지 않는다. 그러나 주파수영역 대역평활화 계산에서 생긴 잡음이 시간영역 계산 후에도 사라지지 않았다(Fig. 2(c)).

2-2 제약적 최적매치필터링 (constrained optimum matched-filtering)

모니터탐사 자료의 고주파 성분을 제거하지 않고 매치필터링을 수행하기 위해, 두 개의 서로 다른 매칭 필터를 구한다. 먼저 시차경과 탄성과 자료들의 훈련자료 s_1 (기저)과 s_2 (모니터)를 선택하여 같은 결과를 만드는 필터 A_1 과 A_2 를 찾는다(식 (1)과 식 (2)). 여기에서 필터링된 결과 m 이 가능한 한 많은 고주파 성분을 포함하도록 만들기 위해 회귀 방정식에 제약(constrain)을 부가하게 된다(식 (3)).

$$A_1 s_1 - m \approx 0 \quad (1)$$

$$A_2 s_2 - m \approx 0 \quad (2)$$

$$f(m) \approx 0 \quad (3)$$

여기에서 제약으로 사용되는 식은 필터링된 자료가 일반적으로 기저 자료보다 고주파성분을 더 많이 포함하는 모니터 자료와의 차이를 가능한 한 작게 하도록 하는 제약을 다음과 같이 줄 수 있다.

$$f(m) = \lambda(m - A_2) \approx 0 \quad (4)$$

여기에서 λ 는 상대적인 가중치를 제어하는 계수이며, 사용자가 선택해야 한다.

또한, 필터링된 자료 m 의 저주파 성분이 상대적으로 작아지도록 하는 다음과 같이 저주파통과 필터링(L) 결과의 최소화 제약도 생각할 수 있다.

$$f(m) = Lm \approx 0 \quad (5)$$

이러한 두 가지 제약적 매치필터링을 최적화 과정을 통하여 구한 후 이를 이용하여 기저탐사와 모니터 탐사자료의 차이를 구한 결과를 각각 Fig. 3과 Fig. 4에 도시하였다. 단순 시간영역 매치필터링에 비해 신호대역 중 고주파 부분이 개선되는 것을 볼 수 있다.

3. 결론

시차경과 3차원 탄성과자료의 상호평활화를 위하여 합성자료에 기존의 매치필터링 방법과 제약적 최적 매치필터링 방법을 적용하였다. 기존의 매치필터링은 모니터탐사의 고주파 성분을 제거하여 기저탐사의 저주파 대역으로 평활화하는 반면, 본 연구에서는 고주파 성분을 강화하는 제약을 최적화에 부가함으로써 고주파 성분을 최대한 부각시키는 최적의 매치필터링 기법을 제안하였다. 따라서, 제안된 제약적 최적매칭 필터링을 사용하면 기존의 방법보다 고주파성분이 강화된 좀 더 선명한 저류층 변화를 얻을 수 있게 될 것이다.

사사

본 연구는 에너지자원기술개발사업 (과제명: 비재래 유전의 최적생산을 위한 특성화 및 모니터링 시스템 개발)의 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

Claerbout, J. "Geophysical Soundings Image Construction: available on the World-Wide-Web," <http://sepwww.stanford.edu/sep/prof/>, 1994

Rickett, J., 1997, "Bandwidth-equalization and phase-matching of time-lapse seismic datasets," *SEP Report 94*, pp.33-44.

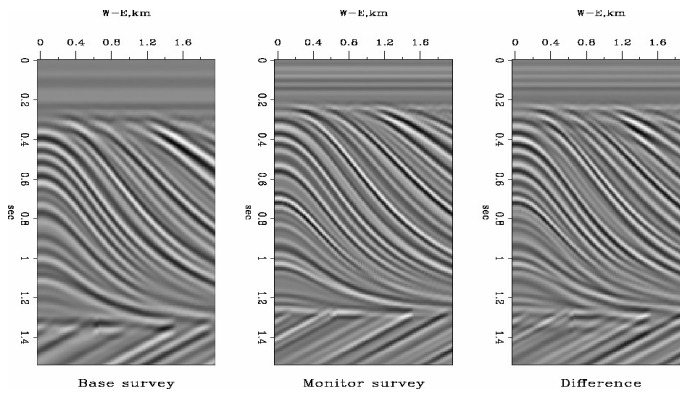
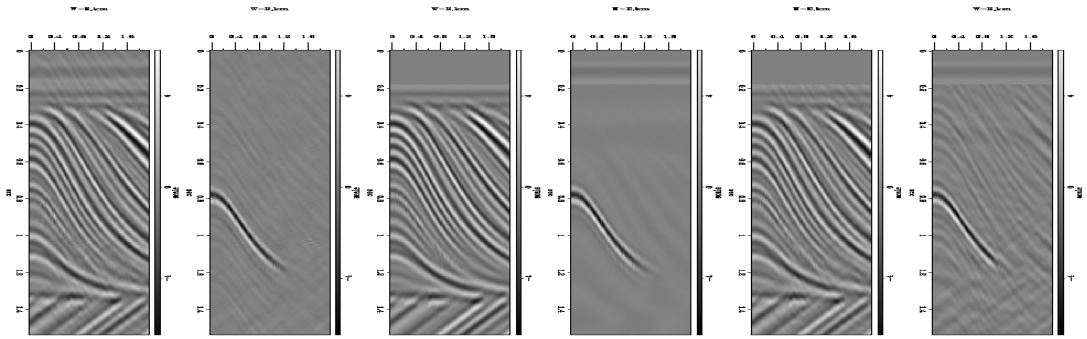


Fig. 1. The target slices of the base survey and the monitor survey at the same position containing fluid movements (synthetic data). The difference section shows the nonrepeatability of seismic reflection survey also.



(a) Freq. domain method (b) Time domain method (c) Mixed domain method

Fig. 2. Match-filtered monitoring sections and the difference sections.

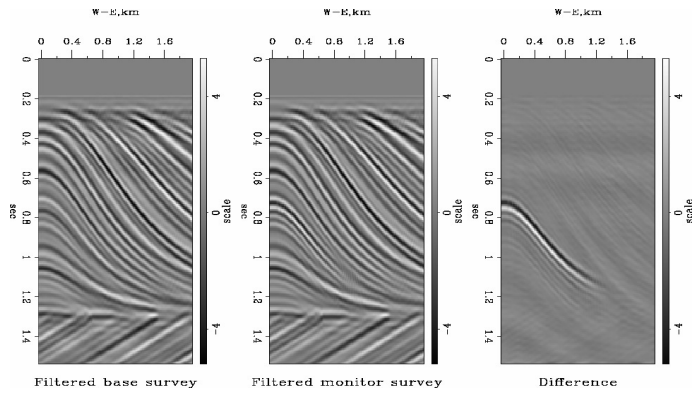


Fig. 4. Result of match-filtering and difference between base and monitor surveys using a constrained optimum match-filtering method according to equation (4).

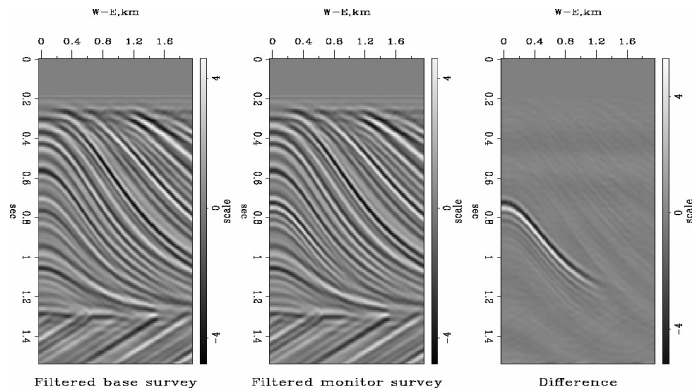


Fig. 4. Result of match-filtering and difference between base and monitor surveys using a constrained optimum match-filtering method according to equation (5).