

Virtual seismometers in the subsurface of the Earth from seismic interferometry

Andrew Curtis et al.

Summarized by Seongryong Kim

두 station사이에서 기록된 ambient noise의 cross-correlation을 통해 두 station을 전파하는 response를 얻는 방법이 2003년 이후로 많이 쓰여지고 있다. 이는 station이 source로 둘러싸인 closed boundary안에 있다고 할 경우 각 source에 의해 station들에 기록된것을 서로 correlation한 후 모든 source의 것을 더하면 두 station사이를 전파한 기록을 얻는다. Reciprocity에 의해 이러한 geometry는 반대로 station으로 둘러싸인 closed boundary안에 source가 있는 경우에도 마찬가지로 성립한다. 이는 Hong&Menke, 2006과 유사한데 그들은 passive noise를 이용하였다. 본 연구에서는 impulsive source를 이용하였고, source가 완전한 closed boundary 내부에 위치하지 않고 inter-station path의 연장선에 있는 cone 안에 위치하면 충분하다는 것을 보인다.

이를 보이기 위해 2008년 Sichuan 지진이 Caltech network에 기록된 것을 이용하였는데, 이는 두 개의 다른 지진으로 부터 만들어진 가상의 receiver (virtual receiver)의 기록을 생성하는데 사용되었다. 이렇게 생성된 기록이 Alaska와 California의 지진 주변에 있는 station에서 실제 기록된 data와 비교되었다. 이는 Sichuan지진기록과 가장 receiver로 사용되는 지진의 기록을 cross-correlation하여 더함으로써 수행되었다. 가상 receiver에 대하여 얻어진 기록이 실제와 유사하였다.

그러나 실제 기록과 가상 기록이 반드시 일치할 필요는 없다. 가상 receiver의 기록은 displacement가 아닌 strain이기 때문이다. 수식에 의하면 가상의 receiver에 해당하는 지진의 형태에 따라 생성되는 strain component가 다른데, thrust, normal, strike-slip, isotropic source는 각각 $e_{33}-e_{11}$, $e_{11}-e_{33}$, $e_{12}+e_{21}$, $e_{11}+e_{22}+e_{33}$ strain component를 생성한다. 이를 검증하기위해서 그림 3과 같은 다른 지진과 station 들에 대해 test를 수행하였다. 그러나 event 사이에 strain meter가 없기때문에 displacement station에 기록에 대해 시간미분하여 구하였다. 그 결과는 그림 4와 같이 아주 잘 맞는 모습을 보여준다.

Hong&Menke와 같이 passive noise를 통해 정확한 seismogram을 만들려면 긴 시간 data를 stack해야 하나 본 방법은 impulsive source form을 사용하기 때문에 해당 시간의 seismogram만 있으면 가능하다. 또한 이 방법은 EM, attenuating, diffusive 매질에 대해 다양하게 적용될 수 있다.