



**Corso di Laurea Specialistica in  
Geofisica di Esplorazione ed Applicata**



Anno Accademico 2008/2009

Candidato: **Cavalleri Giacomo Angelo**  
Laurea triennale in: **Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio**

Titolo della tesi

Ray Path Selection Seismic Interferometry

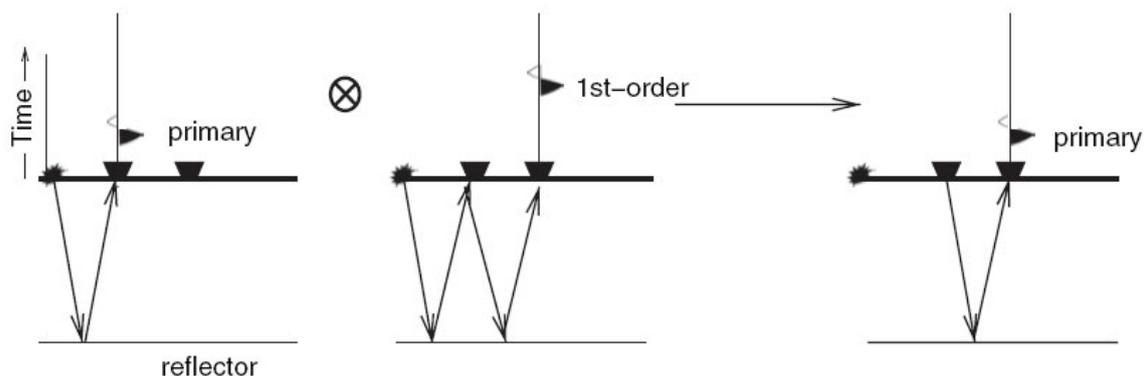
Relatore: **Rocca Fabio**  
Correlatore : **Costagliola Sathya**

Controrelatore: **Greco Maria Sabrina**

Abstract

Seismic interferometry is an innovative process that has been developed in the last decade and that have changed classical considerations over that part of data usually considered as noise (e.g. seismic codas, background signal and multiples).

Seismic interferometry yields new seismic traces by cross-correlating two observations at different receivers' locations. These new reflection responses are recorded by a receiver as if the source were in the other geophone's location. This method is based on Rayleigh's reciprocity theorem and time-reversal invariance, and, with some practical approximations, it can be used in a lot of real cases.



*Basic principle of seismic interferometry (Shuster, 2009)*

In this work, after a description of that process and of some following methods to improve the quality of the results (e.g. Virtual Source Method with wavefield separation), we introduce

Vasconcelos's target-oriented interferometry and a new approach to this method. Through a selection of slopes in an  $f - k$  domain, our approach consists in the recreation of the ray path that should propagate from the receiver used as virtual source to the others. These slopes are calculated considering the relation between the slopes and the angles that the ray path forms with the normal to the surface. Since the geology is well known, angles can be estimated with a ray tracer. The goal of this selection is to improve the signal-to-noise ratio, eliminating noise that could come from points outside the ray path.

After the demonstration of the validity of our method, we show that it can be used to overcome a big trouble in seismic acquisitions represented by the presence of a complex overburden. To demonstrate that, we create two synthetic models characterized by a complex medium on the surface: the first model is formed by a layer consisting of random scatterers, whereas the second model is covered by a thin ice pack that creates flexural noise. After that, we test our approach on a real acquisition.

The results of our method are remarkable: we can completely eliminate the noise due to the complex media, improving the signal-to-noise ratio. This yields to the reconstruction of reflections that in raw data are weaker and covered by noise.

In order to avoid the requirement of a precisely known geology, we find a way to estimate the values of the slopes directly from the data through the velocity spectrum of it. In fact, from the measurement of semblance of the data, assuming pseudo-horizontal interfaces, we extract times and root mean square velocities of the events: in this way, their slopes for each temporal and spatial sample are found. We call this method data driven interferometry because the features of the filter are directly determined from the data.

In the end, an implementation for interferometric interpolation of missing seismic traces is described.

### Riassunto

L'interferometria sismica è un processo innovativo che è stato sviluppato nell'ultimo decennio e che ha rivoluzionato le classiche considerazioni su quelle parti di dato che solitamente venivano trattate come rumore, come il rumore di background e le multiple.

Grazie all'interferometria sismica è possibile ottenere nuove tracce sismiche attraverso la crosscorrelazione di osservazioni registrate da ricevitori posti in diverse posizioni. Le nuove tracce ottenute sono caratterizzate dall'essere registrate da un ricevitore come se la sorgente fosse situata in corrispondenza dell'altro geofono. Questo metodo si basa sul teorema di reciprocità di Rayleigh e sull'invarianza dell'inversione temporale e può essere applicata a molti casi reali, seppur con qualche approssimazione di carattere pratico.

In questo lavoro, viene inizialmente fornita una descrizione dell'interferometria sismica e dei successivi metodi creati per migliorare la qualità dei risultati (come ad esempio il Metodo della Sorgente Virtuale con la separazione del campo d'onda); successivamente, dopo aver presentato l'interferometria target-oriented di Vasconcelos, viene mostrata un approccio originale al suo metodo.

Attraverso una selezione delle pendenze nel dominio  $f - k$ , il nostro approccio consiste nel ricreare i percorsi dei raggi che si propagherebbero dal ricevitore scelto come sorgente virtuale verso gli altri

ricevitori. Queste pendenze sono calcolate tenendo in considerazione la relazione esistente tra le pendenze stesse e gli angoli che il raggio forma con la normale alla superficie. Se la geologia è ben conosciuta, gli angoli possono essere stimati con un tracciante di raggi. L'obiettivo di questa selezione è quello di incrementare il rapporto segnale-rumore, eliminando quegli eventi rumorosi che provengono da punti diffrattori posti al di fuori del tragitto compiuto dal raggio.

Dopo aver dimostrato la validità di questo metodo, viene illustrata una sua applicazione pratica: infatti, può essere utilizzato per superare il problema della presenza di uno strato complesso in superficie.

Allo scopo di provare ciò, vengono creati due modelli sintetici caratterizzati da uno strato superficiale complesso: il primo modello ha uno strato formato da scatteratori diffusi in modo casuale, mentre il secondo è coperto da un sottile strato di ghiaccio che crea il cosiddetto rumore flessurale. Successivamente, il nostro approccio viene testato su un'acquisizione reale.

I risultati del nostro metodo sono notevoli: risulta possibile eliminare completamente il rumore dovuto al mezzo complesso, aumentando in questo modo il rapporto segnale-rumore. Questo permette di ricreare riflessioni che nel dato reale risultano deboli e coperte dal rumore, quindi non visibili.

Per evitare la necessità di una conoscenza precisa della geologia, è stato elaborato un metodo per stimare il valore delle pendenze direttamente dal dato attraverso il suo spettro di velocità. Infatti, assumendo la presenza di interfacce pseudo orizzontali, si ricavano, dalla semblance del dato, i tempi e le velocità quadratiche medie degli eventi: in questo modo, possiamo trovare le loro pendenze per ogni istante temporale e spaziale. Abbiamo chiamato questo metodo interferometria data driven in quanto le caratteristiche del filtro vengono direttamente determinate dal dato.

In conclusione, è stata descritta un'implementazione per l'interpolazione interferometrica di tracce sismiche mancanti.