

## 반복적 대화식 통합 탄성과 속도분석

서상용<sup>1)</sup> · 정부흥<sup>1)</sup> · 장성형<sup>1)</sup>

## An Iterative, Interactive and Unified Seismic Velocity Analysis

Sayng-Yong Suh, Bu-Heung Chung and Seong-Hyung Jang

**요 약 :** 탄성과 속도분석법은 일괄식 속도분석법과 대화식 속도 분석 등 두 가지가 있다. 일괄식 속도분석법에서는 각 속도 분석점마다 semblance 컨투어, 슈퍼게더 및 중합 패널등을 일괄 작성하여 도면화 시킨 후 분석자가 그 도면을 보고 속도 함수를 결정하는 방법이다. 과거 유행한 전산처리 소프트웨어들이 이 방법을 사용하고 있다. 그러나 이 방법은 도면 분석시 아주 많은 수작업이 필요하고 속도분석 결과도 정밀치 못하다는 단점이 있다. 최근에는 워크스테이션의 고속 그래픽 기능을 이용한 대화식 속도분석 기술이 개발되었다. 그런데 이들 프로그램은 기존 일괄식 속도분석법과 대동소이한 내용을 그래픽 화면으로 처리할 수 있도록 함으로써 종이 절약 외에는 특별히 나아진 것이 없다. 프로그램의 주 기능은 속도 스펙트럼에서 속도점 노드를 선택하는 것이며, 입력자료에 있을 수 있는 잡음을 제거하여 다시 속도 스펙트럼을 수정하는 기능은 없다. 잡음의 제거없이 계산한 부정확한 속도 스펙트럼을 이용해서 속도 함수를 선정한다면 정밀 속도분석은 불가능할 것이다. 방대한 탄성과 탐사자료에 대한 속도분석을 신속 정확하게 수행하기 위해서는 속도 분석과 밀접한 관련이 있는 전산처리 공정들 즉, 슈퍼게더 조립, semblance 계산, 동보정, 뮤트, 중합등을 동시에 지원하는 통합된 반복적 대화식 속도분석 프로그램이 필요하다. 분석 구간의 속도와 뮤트함수를 변화시켰을 때 그로부터 얻어지는 semblance와 동보정 및 중합을 검토하고 이러한 수정과 검토를 신속히 반복할 수 있도록 함으로써 정확한 속도분석이 가능하기 때문이다. 여기에서는 속도분석을 신속 정확하게 수행하기 위해 속도 분석과 밀접한 관련이 있는 전산처리 공정들 즉, 슈퍼게더 조립, semblance 계산, 동보정, 뮤트, 중합등을 동시에 지원하는 대화식 속도분석 프로그램 xva를 작성하였다. 대화식 속도분석에서는 분석 구간의 트레이스들을 고속으로 참조해야 하는데 이를 위해 간단한 트레이스 인덱스 파일을 설계하여 사용하였다. 직접파와 굴절파등 천부 잡음을 제거하기 위한 효과적인 수단인 뮤트 함수 영역 변환법을 새로 고안하였으며, 본 프로그램은 이 기법을 이용하고 있다. 본 영역 변환법은 기존 알려진 역동보정법과 같이 정밀 전산처리가 가능할 뿐만 아니라 동보정과 역동보정시 발생하는 자료의 내삽 오차가 없으며 계산 시간이 크게 단축되기 때문에 정밀 대화식 속도 분석에 사용 가능하다. 프로그램 xva는 28개의 소스 파일로 구성된 패키지인데 줄 수는 12,029, 단어 수는 34,990, 글자 수는 304,073이다. 프로그램 xva는 X-Window와 Motif 환경하에서 작동한다. 프로그램 메뉴는 Motif 표준 스타일에 따라 작성하였는 바 그 사용법을 간략히 기술하였다. 본 프로그램이 완성됨으로 인하여 정밀 탄성과 속도 분석이 가능하게 되었고 그 결과 가스층의 존재 여부를 직접 확인할 수 있는 AVO(Amplitude Versus Offset) 단면도등의 제작에 활용할 수 있었다.

**Abstract :** Among the various seismic data processing sequences, the velocity analysis is the most time consuming and man-hour intensive processing steps. For the production seismic data processing, a good velocity analysis tool as well as the high performance computer is required. The tool must give fast and accurate velocity analysis. There are two different approaches in the velocity analysis, batch and interactive. In the batch processing, a velocity plot is made at every analysis point. Generally, the plot consisted of a semblance contour, super gather, and a stack panel. The interpreter chooses the velocity function by analyzing the velocity plot. The technique is highly dependent on the interpreters skill and requires human efforts. As the high speed graphic workstations are becoming more popular, various interactive velocity analysis programs are developed. Although, the programs enabled faster picking of the velocity nodes using mouse, the main improvement of these programs is simply the replacement of the paper plot by the graphic screen. The velocity spectrum is highly sensitive to the presence of the noise, especially the coherent noise often found in the shallow region of the marine seismic data. For the accurate velocity analysis, these noise must be removed before the spectrum is computed. Also, the velocity analysis must be carried out by carefully choosing the location of the analysis point and accurate computation of the spectrum. The analyzed velocity function must be verified by the mute and stack, and the sequence must be repeated most time. Therefore an iterative, interactive, and unified velocity analysis tool is highly required. An interactive velocity analysis program, xva(X-Window based Velocity Analysis) was invented. The program handles all processes required in the velocity analysis such as composing the super gather, computing the velocity spectrum, NMO correction, mute, and stack. Most of the parameter changes give the final stack via a few mouse clicks thereby enabling the iterative and interactive processing. A simple trace indexing scheme is introduced and a program to make the index of the Geobit seismic disk file was invented. The index is used to reference the original input, i.e., CDP sort, directly. A transformation

\*1998년 7월 25일 접수

1) 한국자원연구소 (Korea Institute of Geology, Mining and Materials)

technique of the mute function between the T-X domain and NMOC domain is introduced and adopted to the program. The result of the transform is similar to the remove-NMO technique in suppressing the shallow noise such as direct wave and refracted wave. However, it has two improvements, i.e., no interpolation error and very high speed computing time. By the introduction of the technique, the mute times can be easily designed from the NMOC domain and applied to the super gather in the T-X domain, thereby producing more accurate velocity spectrum interactively. The xva program consists of 28 files, 12,029 lines, 34,990 words and 304,073 characters. The program references Geobit utility libraries and can be installed under Geobit preinstalled environment. The program runs on X-Window/Motif environment. The program menu is designed according to the Motif style guide. A brief usage of the program has been discussed. The program allows fast and accurate seismic velocity analysis, which is necessary computing the AVO (Amplitude Versus Offset) based DHI (Direct Hydrocam Indicator), and making the high quality seismic sections.

## 서 론

탄성과 탐사자료 전산처리에서 대부분의 공정은 컴퓨터가 자동으로 실시하나 속도분석만은 그렇지 못하고 대신 많은 수작업이 필요하다. 따라서 탄성과 자료처리 양산체제를 갖추려면 대용량 고속 컴퓨터와 더불어 속도분석을 신속히 수행할 수 있는 틀이 필수적이다. 과거 속도분석 자동화를 위해 그래프 이론을 이용한 방법<sup>4)</sup>이 발표된 바 있으나 실제로는 사용되지 않고 대신 일괄식 속도분석법 또는 대화식 속도 분석 프로그램을 이용한다.

일괄식 속도분석법에서는 각 속도 분석점마다 샘플런스 쿼터, 슈퍼게더 및 중합 패널 등을 일괄 작성하여 도면화 시킨 후 분석자가 그 도면을 보고 속도 함수를 결정한다. 과거 전산처리 소프트웨어들이 이 방법을 사용했다. 그러나 이 방법은 도면 분석시 아주 많은 수작업이 필요하고 속도분석 결과도 정밀치 못하다는 단점이 있다.

최근에 와서는 이러한 단점을 극복하려고 워크스테이션의 고속 그래픽 기능을 이용한 대화식 속도분석 프로그램들이 개발되었다. 그러나 이들 소프트웨어들은 기존 일괄식 속도분석법과 동일한 내용을 그래픽 화면으로 처리할 수 있도록 함으로써 종이 절약 외에는 특별히 나아진 것이 없다. 프로그램의 주 기능은 속도 스펙트럼에서 속도점 노드를 선택하는 것이며, 입력자료에 있을 수 있는 잡음을 제거하여 다시 속도 스펙트럼을 수정하는 기능은 없다. 그러나 잡음이 많은 자료의 경우 잡음의 제거없이 계산한 스펙트럼과 잡음을 제거한 후의 스펙트럼은 많은 차이가 나는데 그러한 고려없이 부정확한 속도 스펙트럼을 이용해서 속도 함수를 선정한다면 정밀 속도분석은 불가능할 것이다.

방대한 탄성과 탐사자료에 대한 속도분석을 신속 정확하게 수행하기 위해서는 속도 분석과 밀접한 관련이 있는 전산처리 공정들 즉, 슈퍼게더 조립, 샘플런스 계산, 동보정, 뮤트, 중합 등을 동시에 지원하는 통합된 대화식 속도분석 프로그램이 필요하다. 분석 구간의 속도와 뮤트함수를 변화시켰을 때 그로부터 얻어지는 샘플런스와 동보정 및 중합을 검토하고 이러한 수정과 검토를 신속히 반복할 수 있도록 함으로써 정확한 속도분석이 가능하기 때문이다.

여기에서는 고속도 트레이스 입출력을 위한 트레이스 인덱싱 기법과 천부 잡음의 효과적인 제어법인 뮤트 시간의 영역

변환 등 본 반복적 대화식 통합 속도분석 기법을 논하고 X-Window/Motif 환경에서 작동하는 프로그램 xva를 작성하여 이를 소개한다.

## 트레이스 인덱싱

대화식 속도분석은 기존 일괄식 속도분석과는 달리 속도분석을 진행하면서 분석에 필요한 처리 상수를 수정한다. 수정이 예상되는 처리변수들로는 기준속도(reference velocity)와 뮤트함수, 그리고 속도분석 위치 등이며, 만일 이들이 바뀌면 원 자료로부터 다시 슈퍼게더의 작성, 뮤트, 속도 스펙트럼 계산, 속도 선택, 동보정 및 중합 등 일련의 자료처리를 다시 반복해야 한다.

대화식 속도분석에서는 원 자료인 공심점 취합을 반복해서 참조해야 함을 알 수 있다. 그런데 일괄식 자료처리와 같이 자료 참조가 순차적으로 이루어진다면 그 시간이 아주 오래 걸리고, 결과적으로 대화식이란 본래의 의미를 상실하게 된다. 대화식 자료처리에 있어서 대부분의 경우는 사용자가 요구하는 대로 즉시 또는 수초 안에 그것을 처리하고 그 결과를 알려줘야 하기 때문이다.

여기에서는 공심점 취합으로부터 사용자의 명령을 신속히 처리하기 위해 임의의 CDP를 직접 고속으로 참조하도록 간단한 인덱스 파일을 설계한다. 본 인덱스 파일은 디스크에 존재하는 탄성과 자료에 대해 모든 트레이스의 위치(byte offset)와 기타 중요한 트레이스 헤더를 차례로 나열해 놓은 것이다. 각 트레이스 인덱스는 하나의 행을 차지하며 발파번호(sp), 공심점 번호(cdp), 채널번호(trc), 수진기 거리(dist), 그리고 트레이스의 파일내 위치(byte offset) 등 5개의 변수가 공백으로 분리되어 적힌다. 인덱스 파일은 프로그램 오류 점검이 용이하도록 바이너리(binary) 파일 대신 텍스트(text) 파일 형식으로 작성하였다.

프로그램 mkseishdrdb는 공심점 취합으로부터 이상의 인덱스 파일을 만든다. 프로그램의 사용법은

```
mkseishdrdb [-i infile] [-o outfile]
```

인데, 여기에서 *infile*은 Geobit<sup>®</sup> sort 프로그램으로 공심점 분류된 입력파일이고 그 초기 값은 표준입력장치(*stdin*)이다. 또 *outfile*은 출력할 인덱스 파일 이름이며 초기 값은 표준출력장

241	460	22	1350	2299248
242	460	24	1450	2305760
243	460	26	1550	2312272
244	460	28	1650	2318784
245	460	30	1750	2325296
246	460	32	1850	2331808
247	460	34	1950	2338320
248	460	36	2050	2344832
249	460	38	2150	2351344
250	460	40	2250	2357856
251	460	42	2350	2364368
252	460	44	2450	2370880
253	460	46	2550	2377392
254	460	48	2650	2383904

Fig. 1. Content of a simple index file showing SP, CDP, TRC, DIST, and byte-offet respectively.

치(stdout)이다. Fig. 1은 프로그램의 출력중 일부를 보여준다. 본 인덱스 파일을 이용해서 트레이스마다 파일 위치를 미리 알 수 있고 따라서 임의의 트레이스에 대한 직접 입력(direct access)이 가능하다.

### 속도분석과 뮤트의 관계

탄성과 속도 스펙트럼은 잡음의 존재 여부에 따라 영향을 받는다. 특히 주시가 작은 천부에는 직접파와 굴절파 등 일관성 잡음이 많은데 이것을 그대로 놓아둔채 속도 스펙트럼을 계산하여 속도분석을 수행한다면 정확한 중합속도를 얻을 수 없다. 여기에서는 뮤트의 적용 여부에 따른 속도 스펙트럼의 변화에 대해 알아본다.

Fig. 2는 48 채널 24 폴드(fold) 자료중 CDP 898 부터 901까지 4개의 공심점을 수직중합(vertical stack)하고 편집하

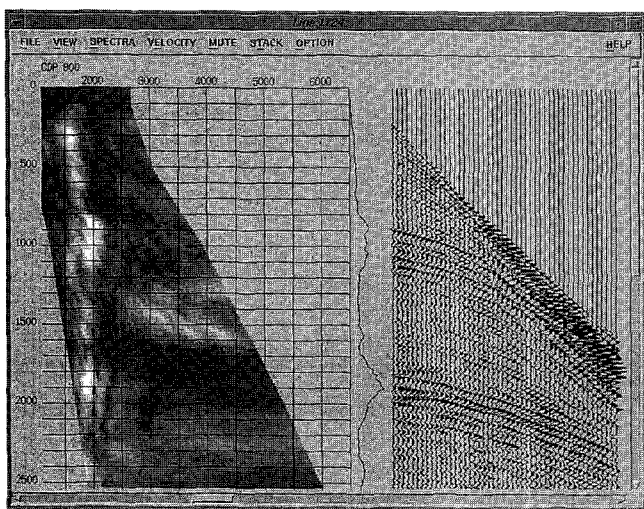


Fig. 2. A velocity spectrum without mute. The pannel shows semblance (left), maximum semblance (middle), and the supergather (right).

여 만든 슈퍼게더(supergather)로부터 뮤트의 적용없이 직접 계산한 속도 스펙트럼이다. 그림의 왼쪽은 스펙트럼이고 오른쪽은 슈퍼게더이다. 속도 스펙트럼의 수평축은 속도이며 단위는 m/sec이다. 스펙트럼과 슈퍼게더 사이의 그래프는 각 시간별 최대 섴블란스(semblance)를 표시한다.

Fig. 3의 좌측은 위의 속도 스펙트럼으로부터 선택한 속도 함수 결과이다. 여기에서 시간 100 msec의 속도 1,500 m/sec는 스펙트럼 상에는 나타나지 않으나 본 자료가 해상 탄성과 자료이므로 수중의 음파 속도를 고려하여 임의로 선정한 것이다. 그림의 슈퍼게더는 선택한 속도함수를 이용하여 NMO 보정을 실시한 결과이며, 또 여기에는 직접파와 굴절파 등 천부 잡음을 제거하기 위한 뮤트함수를 한꺼번에 표시하였다. 본 뮤트는 속도스펙트럼 계산과는 무관한 동보정 후 뮤트(mute-after-NMO)이다. 그림의 가장 우측은 속도 분석점 부근의 CDP 21개를 중합한 결과이다.

이상과 같이 뮤트를 적용치 않은 상태에서 속도 스펙트럼을 계산하면 그것이 매우 부정확함을 알 수 있고, 그러한 현상은 천부에서 특히 심하다. 즉 정확한 속도 분석을 위해서는 천부에 있는 잡음을 제거할 필요가 있으며, 따라서 뮤트를 미리 적용해야한다.

Fig. 4의 오른쪽은 슈퍼게더의 천부 잡음을 제거하기 위해 적용할 뮤트함수이고, 왼쪽은 뮤트를 적용한 후 슈퍼게더로부터 계산한 속도 스펙트럼이다. 그림에 표시한 뮤트함수는 주로 굴절파 잡음을 제거하도록 선정한 것이다. 새로 얻은 스펙트럼은 뮤트를 전혀 적용치 않은 결과보다 양호함을 알 수 있고 그러한 현상은 천부에서 더욱 뚜렷이 나타난다.

Fig. 5는 새로 얻은 스펙트럼으로부터 선택한 속도함수와 동보정한 슈퍼게더, 그리고 속도 분석점 주변 21개의 CDP들에 대한 중합결과이다.

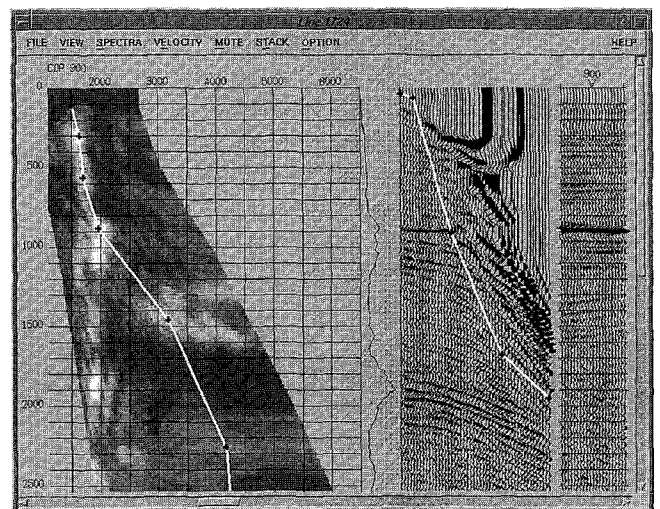
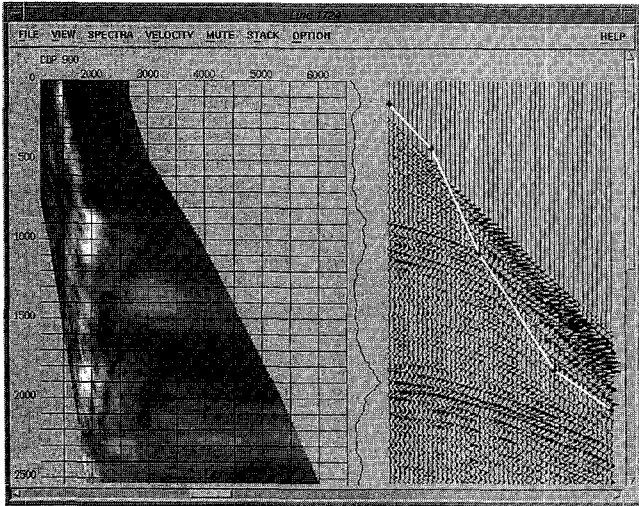
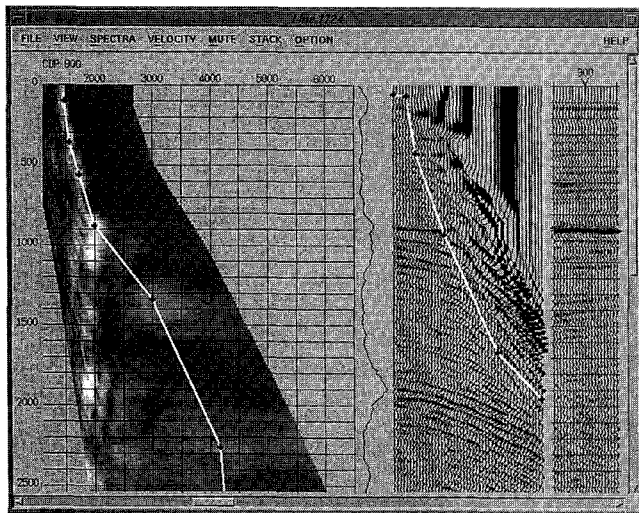


Fig. 3. A velocity analysis pannel showing the velocity function (left), NMO corrected supergather with the mute-after-NMO times (center), and the stack (right).



**Fig. 4.** A velocity spectrum with mute. The spectrum is computed after applying the mute shown in the supergather.



**Fig. 5.** A velocity analysis panel showing the revised velocity function (left), the NMO corrected supergather and the mute-after-NMO times (center), and the stack.

슈퍼게더에 뮤트를 적용하지 않고 직접 속도 스펙트럼을 계산한 것과 뮤트를 적용한 후 스펙트럼을 계산한 것 등 두 가지 속도 스펙트럼을 비교해 보았는데, 그 결과 정확한 속도 분석을 하려면 반드시 뮤트를 실시해야함을 알았다.

### 뮤트 시간의 영역 변환을 이용한 속도분석

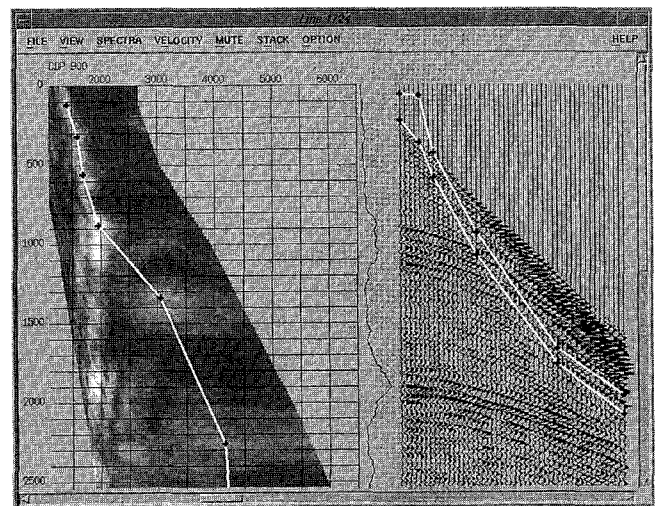
탄성과 속도분석에 뮤트가 매우 중요함을 알았다. 그러나 동보정되지 않은 슈퍼게더에서 뮤트를 결정하는 것은 그 기준이 없어서 상당히 곤란하다. 한편 뮤트함수의 선정은 일반 T-X 영역보다 동보정된 영역에서 훨씬 쉽다. 이러한 이유는 T-X 영역에서는 반사파가 쌍곡선을 이루는 반면 동보정 영역에서는 반사파가 수평을 이루기 때문이다. 속도분석시 역동보정은 뮤트를 정확히 수행하기 위해 사용된다. 이것은 슈퍼게

더에 개략적인 속도 또는 일차 속도분석 결과 얻어진 속도를 이용해서 동보정을 실시하고, 거기에 뮤트를 적용한 후 다시 역동보정을 실시하여 표준 T-X 영역으로 환원시켜 잡음이 제거된 슈퍼게더를 얻는다. 얻어진 슈퍼게더를 이용하여 다시 스펙트럼의 계산과 속도함수 선택을 실시한다. 그런데 역동보정법은 자료의 영역변환시 필연적으로 발생하는 내삽오차와 영역변환에 따른 과도한 계산시간 등 단점이 있다. 여기에서는 자료 역동보정법과 같이 뮤트함수의 선정이 용이하면서도 그것이 갖고있던 단점을 보완한 뮤트 시간 영역 변환법을 소개하고자 한다.

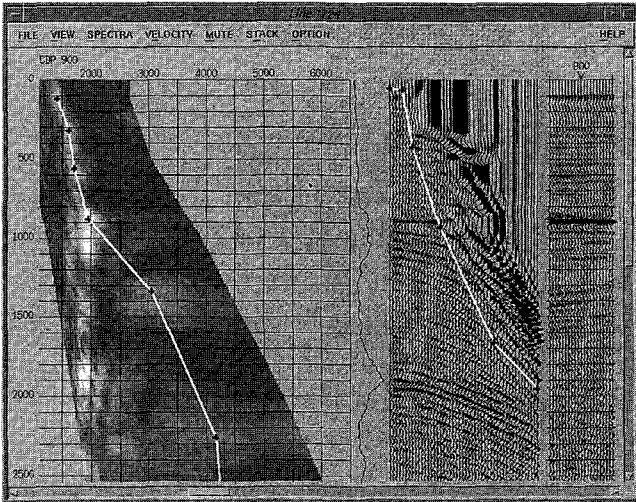
Fig. 6의 우측의 슈퍼게더에는 2개의 뮤트 함수가 표시되어 있다. 이 중 상부의 함수는 Fig. 5의 슈퍼게더에 표시한 뮤트 함수를 그대로 옮긴 것이고, 하부의 함수는 상부 함수를 앞에서 선택한 속도를 이용하여 T-X 영역으로 변환시킨 것이다. 따라서 T-X 영역의 슈퍼게더에 하부 함수를 이용하여 뮤트를 실시하면 마치 기존 역동보정법에서 보았던 슈퍼게더를 얻을 수 있다.

본 뮤트 시간 영역 변환법은 기존 역동보정법에 비하여 다음과 같은 장점이 있다. 첫째는 슈퍼게더에 대한 동보정, 뮤트, 역동보정 등을 차례로 적용할때 발생하는 내삽오차가 없다. 둘째 기존 역동보정법이 슈퍼게더 자체를 역동보정함으로써 계산 시간이 많이 소요되었으나 본 방법은 뮤트 함수만을 T-X 영역으로 변환시킴으로써 계산 시간을 크게 단축시킬 수 있다.

Fig. 7의 좌측은 본 뮤트 시간 영역 변환법을 이용하여 다시 계산한 속도 스펙트럼과 그로부터 추출한 속도 함수이고,



**Fig. 6.** Transform of a mute function from NMOC domain to T-X domain. The lower mute function is designed from the NMOC domain during the preliminary velocity analysis. The upper mute function is the transform of the lower function to T-X domain using the velocity, the result of the previous analysis, shown in the spectrum window. The velocity spectrum is recomputed after applying the transformed mute function to the supergather.



**Fig. 7.** A velocity analysis by mute time transform. The mute time, shown in the middle panel, is designed from the previous velocity analysis. The mute function is transformed to the T-X domain and used for muting the supergather. The spectrum, shown in the left panel, is recomputed. The velocity function is picked again. The supergather is NMO corrected. Nearby traces are then stacked to give the final stack, shown in the right.

중량은 동보정한 슈퍼게더와 뮤트 함수를 표시하며, 우측은 중합도이다. 본 방법에 따라 천부의 직접파와 굴절파 등을 효과적으로 제거함으로써 매우 정확한 속도분석 결과를 얻게되었고, 이는 동보정한 슈퍼게더와 중합 단면도 등을 비교함으로써 알 수 있다. 특히 중합 단면도 120 msec 부근의 해저면은 그러한 효과가 뚜렷하다.

## 프로그램 xva의 사용법

반복적 대화식 통합 속도분석 프로그램 xva를 작성하였다.<sup>9)</sup> 프로그램 xva는 28개의 소스 파일로 구성된 패키지인데 줄수는 12,029, 단어 수는 34,990, 글자 수는 304,073이다. 본 패키지는 Geobit 탄성과 자료처리 패키지의 라이브러리를 사용하므로 Geobit가 미리 설치된 환경에서만 사용할 수 있다. 프로그램 xva는 X-Window<sup>7)</sup>와 Motif<sup>8)</sup> 환경하에서 작동한다. 프로그램 메뉴는 Motif 표준 스타일<sup>9)</sup>에 따라 작성하였는 바 여기에서는 개략적인 프로그램 사용법을 기술한다.

### 입력 자료 준비

프로그램 xva를 이용해서 속도분석을 실시하는데 있어서 입력 자료는 공심점 분류된 탄성과 자료이다. 공심점 분류는 Geobit의 sort 모듈을 이용해서 실시하고 그 결과는 Geobit의 dskwrt 모듈을 이용해서 출력시킨다. Geobit 탄성과 자료처리 패키지를 이용해서 전산처리를 하는 경우 임의의 축선에 대한 공심점 분류 자료는 축선 디렉토리 하부의 부속 디렉토리인 data 디렉토리에 기록한다. 예로써 축선 1724의 공심점 분류 자료는 1724/data/sort.dsk라는 파일명을 갖는다.

### 작업 디렉토리 설정

xva 프로그램은 속도분석중 환경파일과 작업파일 등 다양한 파일을 만드는데 이를 단일 디렉토리 및 그 하부 디렉토리에 기록한다. 따라서 xva 프로그램 사용에 앞서 사용자 속도분석 작업 디렉토리를 만들어야 한다. 본 속도분석 작업 디렉토리는 축선 디렉토리 속에 만드는 것이 좋다. 만일 속도분석 작업 디렉토리 이름을 velocity라 정했다면 축선명과 조합한 디렉토리명은 1724/velocity가 된다.

프로그램 xva는 이상의 속도분석 작업 디렉토리를 환경 변수 XVA\_WORKING\_DIR으로부터 읽어 드린다. 따라서 상기 환경 변수를 사용자 환경 초기화 파일에 반영하는 것이 좋다. 만일 사용자 셸이 C 셸이라면 홈 디렉토리의 .login에

```
setenv XVA_WORKING_DIR "$HOME/1724/velocity"
```

을 넣고, 만일 Bourne 셸이라면 홈 디렉토리의 .profile에

```
export XVA_WORKING_DIR="$HOME/1724/velocity"
```

와 같은 줄을 넣으면 된다. 만일 상기 환경 변수가 정의되어 있지 않으면 xva 명령을 수행할 당시의 디렉토리가 바로 속도분석 작업 디렉토리가 된다.

### Set Up

속도분석의 맨 첫 과정은 입력 자료인 공심점 분류된 디스크 파일의 지정과 초기 속도분석점들을 선택하는 "Set Up"이다. 이것은 FILE 메뉴의 첫번째 부속 메뉴인 "Set Up" 버튼을 선택함으로써 시작된다. 공심점 분류된 디스크 파일 지정은 별도의 팝업 대화 윈도우(popup dialog window)에서 실시하고 그 윈도우의 OK 버튼을 눌러 입력 파일을 선정하면 계속해서 초기 속도분석점들을 선택하기 위한 제 2의 팝업 대화 윈도우가 나타난다. 속도분석점들의 시작과 끝, 그리고 증분을 결정한 후 accept 버튼을 누르면 속도분석을 위한 "Set Up" 과정이 완성된다.

### 속도 스펙트럼 계산

"Set Up" 과정을 마치면 프로그램 xva는 자동적으로 맨 처음 속도 분석점에서 슈퍼게더를 만들고, 기준 속도 함수를 이용해서 속도 스펙트럼을 계산하여 화면에 보여준다. 이상의 계산에 필요한 각종 변수들은 \$GBTROOT/app-defaults 디렉토리에 있는 X 윈도우 환경 파일 XVa에 정의되어 있고, OPTION 메뉴를 통하여 변경이 가능하다. 일단 변경된 변수들은 xva 프로그램을 종료시킬때 속도분석 작업 디렉토리의 config.xva라는 파일에 기록되고 이는 동일한 축선에 대한 차후 속도분석 작업시 다시 사용된다.

### 속도 함수 선택

프로그램 xva 화면은 여러가지 윈도우를 동시에 표시하는데 이중 화면의 좌측에 나타나는 스펙트럼 윈도우가 동보정

을 위한 탄성과 속도의 선택에 가장 중요하다. 스펙트럼 윈도우는 속도 샘플런스를 칼라 코딩으로 보여주며 그림의 종축은 시간이고, 횡축은 탄성과 속도이다.

샘플런스 노드(node) 선택은 마우스의 제 1 버튼을 이용하고, 노드 삭제는 제 3 버튼을 사용한다. 마우스 포인터를 샘플런스 윈도우내 봉우리(peak)의 정점에 옮겨놓고 1번 버튼을 클릭(click)하면 시간과 속도 쌍, 즉 속도점이 선택된다. 한편 노드를 찾기가 어려우면 면적 선택법을 사용할 수 있다. 즉 노드 근처에 마우스를 옮기고 1번 단추를 누른 상태에서 마우스를 이동시키면 기존의 화살표 커서(cursor) 주위에 사각형 커서가 나타나는데 계속 마우스를 움직여서 사각형 커서가 봉우리 전체를 감싸도록 만든 후 누르고 있던 단추를 놓으면 사각형 커서 내에서 가장 샘플런스가 큰 점이 자동적으로 선택된다. 일단 선택한 노드를 삭제하려면 노드 근처(5 픽셀 이내)에 마우스를 옮겨놓고 3번 버튼을 클릭한다.

노드의 선택 작업중 그에 상응하는 T-X 쌍곡선을 슈퍼게더에서 볼 수 있다. 마우스를 스펙트럼 윈도우의 아무 곳이나 가져다놓고 2번 버튼을 누르고 있으면 T-X 쌍곡선 즉, NMO 커서가 슈퍼게더에 나타난다. 본 NMO 커서는 노드 선택시 슈퍼게더를 활용하는 한가지 방법이다. 스펙트럼 윈도우의 가장 오른쪽에는 각 시간별 최대 샘플런스 곡선이 표시되어 있는데 이것을 이용해서 속도점의 선택과 삭제를 수행할 수도 있다. 마우스 버튼 1은 노드 선택이고, 마우스 버튼 3은 노드 삭제이다.

### 동보정과 뮤트선택

속도 함수를 선택한 후에는 VELOCITY 메뉴의 "Apply NMO Correction" 버튼을 눌러 슈퍼게더를 동보정 시킨다. 이때 선택한 속도 함수는 개략적인 것이므로 동보정이 완전치 못할 수 있으나 크게 걱정할 필요는 없다.

계속해서 슈퍼게더 윈도우에서 직접파와 굴절파등 천부 잡음을 제거하는 상부 뮤트(top mute)용 뮤트 함수를 선택한다. 뮤트 노드 선택은 마우스 버튼 1과 3을 사용하는데 1은 선택이고, 3은 삭제이다.

만일 탐사선의 엔진 잡음등의 영향으로 근거리 트레이스에서 잡음이 심하다면 하부 뮤트(bottom mute)를 수행한다. 이때는 뮤트 함수 선택 모드를 하부 뮤트 모드로 바꿔야하는데 이것은 OPTION 메뉴의 "Edit Mute Options" 캐스캐이드 버튼에 달려있는 "Edit Bottom Mute" 라디오 버튼을 선택하면 된다. 하부 뮤트 모드에서 다시 상부 뮤트 모드로 돌아오려면 OPTION 메뉴의 "Edit Mute Options" 버튼에 부착된 "Edit Top Mute" 버튼을 누른다.

뮤트 함수를 선택한 후에는 SPECTRA 메뉴의 "Make Spectrum" 버튼을 눌러서 속도 스펙트럼을 다시 계산한다. 새로운 스펙트럼은 잡음을 제거한 슈퍼게더를 사용한 것이므로 초기 스펙트럼보다 훨씬 정확하다. 새로운 스펙트럼으로부터 속도 함수 선택과 동보정, 그리고 뮤트 함수 선택 등을

차례로 반복한다.

### 부분 중합

속도 함수와 뮤트 함수를 선택한 후 STACK 메뉴의 "VAP Stack" 버튼을 선택하면 속도 분석점 주위의 일부 CDP에 대한 중합 단면도가 계산되며 그 결과가 화면의 가장 오른쪽에 표시된다. 부분 중합할 총 CDP 수는 기본적으로 21개인데 이는 OPTION 메뉴의 "Make Stack Options..." 버튼이 제공하는 팝업 대화 윈도우에서 변경시킬 수 있다.

부분 중합도로부터 선택한 속도 함수와 뮤트 함수에 대해 만족하면 VIEW 메뉴의 "Next Right VAP" 버튼을 선택하여 다음 속도 분석점의 속도 분석을 실시한다. VIEW 메뉴를 이용하면 속도 분석점을 좌우로 하나씩 이동시킬 수 있고, 화면의 하단에 나오는 수평 스크롤 바를 이용하면 속도 분석점 여러개를 한꺼번에 이동시킬 수 있다. 새로운 속도 분석점으로 이동하면 프로그램 xva는 미리 계산된 슈퍼게더와 스펙트럼 및 부분중합이 있는지 여부를 검사하고 만일 없다면 이들을 자동적으로 계산한 후 화면에 표시해준다.

### 전체 중합

초기 설정한 속도 분석점들에 대한 분석을 완료하면 FILE 메뉴의 "Make Full Stack" 버튼을 선택하여 축선 전부를 중합시킨다. 또 중합 후에는 FILE 메뉴의 "Plot Stack" 캐스캐이드 버튼의 부속 메뉴 "Edit Job File"과 "Submit Job" 버튼을 이용해서 중합단면도를 제작한다.

### 속도 분석점 추가

전체 중합 후에는 단면도 결과를 검토하여 적당한 장소에 속도 분석점을 추가시킬 수 있다. 이를 위해서는 우선 xva 화면을 중합 모드로 바꿔야 한다. STACK 메뉴의 "Show Stack" 토크 버튼을 누르면 xva가 속도 분석 모드에서 중합 모드로 또 중합 모드에서 속도 분석 모드로 전환된다.

중합 모드에서 마우스 버튼은 3가지 기능 중 하나를 수행한다. 첫째는 속도 분석점 추가이고 둘째는 속도 분석점 삭제이며 셋째는 오버레이 전환이다. 이들 3가지 기능은 STACK 메뉴의 라디오 버튼 세트로 묶여있는데 작업에 앞서 이 버튼을 확인해서 마우스 버튼 모드를 원하는 상태로 바꿔야 한다.

속도 분석점 추가는 중합 모드에서 마우스를 원하는 장소로 이동시킨 후 1번 버튼을 누르면 된다. 속도 분석점 삭제는 분석점 삭제 모드에서 마우스를 삭제할 분석점으로 이동시킨 후 1번 단추를 누르면 된다.

오버레이는 전체 중합 단면도 위에 부분 중합 단면도를 포개진 것이다. STACK 메뉴의 "Toggle Overlay"는 전체 중합 단면도와 포개진 중합 단면도를 교대로 화면에 보여줌으로써 부분 중합 단면도와 전체 중합 단면도가 달라서 둘 중 하나를 선택해야 할때 그 판정에 도움을 준다. 버튼 1을 누르면 전체 중합 단면도가 나오고 버튼 3을 누르면 포개진 중합 단면도

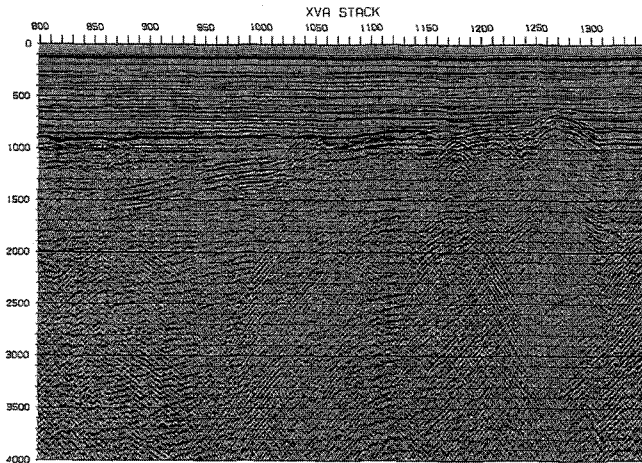


Fig. 8. A true amplitude stack section produced by xva.

가 나온다. Fig. 8은 축선 1724에 대한 속도 분석 후 얻은 실진폭(true amplitude) 중합 단면도다. 단면도 제작에 적용된 공정은 동보정, 뮤트, 그리고 중합 뿐이다. 층서 해석용 중합 단면도는 이밖에 중합 후 디콘, 시변 필터 및 이득 보정등이 추가된다.

#### 속도 분석 결과

속도 분석 결과는 속도 함수와 상부 및 하부 뮤트 함수 등 세 가지인데 이들은 속도 분석 작업 디렉토리의 nmo.vel, topmute.txt, botmmute.txt 이라는 파일에 기록된다.

속도 함수 결과는 각 분석점의 CDP 번호와 일련의 시간-속도 쌍들이다. 뮤트 함수 결과는 각 분석점의 CDP 번호와 일련의 거리-시간 쌍들이다. 이들 결과는 탄성과 중합을 위한 동보정과 뮤트에서 사용된다.

## 결 론

탄성과 자료처리 양산체제를 갖추려면 대용량 초고속 컴퓨터와 더불어 속도분석을 신속히 수행할 수 있는 툴이 필수적이다. 여기에서는 방대한 탄성과 탐사자료에 대한 속도분석을 신속 정확하게 수행하기 위해 속도 분석과 밀접한 관련이

있는 전산처리 공정들 즉, 슈퍼게더 조립, 셸런스 계산, 동보정, 뮤트, 중합 등을 동시에 지원하는 반복적 대화식 통합 속도분석 프로그램 xva를 작성하였다.

대화식 속도분석에서는 분석 구간의 트레이스들을 고속으로 입력시켜야 하는데 이를 위해 간단한 트레이스 인덱스 파일을 설계하고 그것을 만드는 프로그램 mkseishdrdb를 작성하였다.

직접파와 굴절파 등 천부 잡음을 제거하기 위한 효과적인 수단인 뮤트 함수 영역 변환법을 새로 고안하였으며, 본 프로그램은 이 기법을 이용하고 있다. 본 영역 변환법은 기존 알려진 역동보정법과 같은 작업을 수행하나 동보정과 역동보정시 발생하는 자료의 내삽 오차가 없으며 계산 시간이 크게 단축되기 때문에 대화식 속도 분석에 사용 가능한 기법이다.

프로그램 xva는 X-Window와 Motif 환경하에서 작동한다. 프로그램 메뉴는 Motif 표준 스타일에 따라 작성하였는 바 여기에서는 프로그램의 주요 기능을 간략히 소개하였다.

본 프로그램이 완성됨으로 인하여 정밀 탄성과 속도분석이 가능하게 되었고 그 결과 AVO(Amplitude Versus Offset) 분석 등을 정확히 수행할 수 있었다.<sup>3)</sup>

## 참고문헌

1. 서상용, 정부홍, 서재영, 1991, 석유탐사자료 전산개발 연구, 한국자원연구소 연구보고서 KR-91-5A-2, 1-48.
2. 서상용, 정부홍, 장성형, 1999, 대화식 탄성과 속도분석: 석유탐사자료 전산개발 연구, 한국자원연구소.
3. 정부홍, 1998, 석유가스층 직접탐사를 위한 탄성과 탐사자료의 AVO 분석연구, 전남대학교 자원공학과 공학박사 논문.
4. John E. Beizel and James M. Davis, 1974, A computer oriented velocity analysis interpretation technique, *Geophysics*, **39**, 619-632.
5. OSF, 1990, OSF/Motif Programmer's Guide, Open Software Foundation, 930p.
6. OSF, 1990, OSF/Motif Style Guide, Open Software Foundation.
7. Robert W. Scheifler and James Gettys, 1992, X Window System, Digital Press.