



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년04월23일

(11) 등록번호 10-2091723

(24) 등록일자 2020년03월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01V 1/28 (2006.01) G01V 1/30 (2006.01)

G01V 1/40 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01V 1/282 (2013.01)

G01V 1/30 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0038575

(22) 출원일자 2019년04월02일

심사청구일자 2019년04월02일

(56) 선행기술조사문헌

KR101578894 B1

KR1020180048052 A

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자

편석준

인천광역시 연수구 컨벤시아대로130번길 80, 106동 901호(송도동, 송도 푸르지오 하버뷰)

김찬일

인천광역시 미추홀구 인하로91번길 88, 102동 701호(용현동, 용희원룸)

(74) 대리인

이은철, 이수찬

전체 청구항 수 : 총 4 항

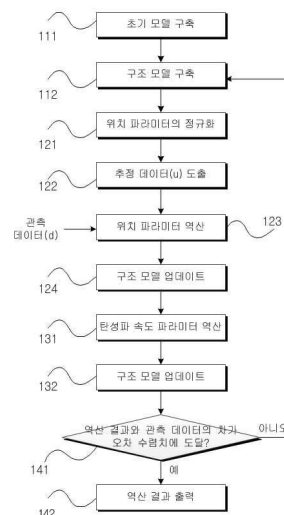
심사관 : 김홍래

(54) 발명의 명칭 수직 탄성과 탐사 데이터의 전파형 역산방법

(57) 요약

본 기술은 수직 탄성과 탐사 데이터의 전파형 역산방법이 개시되어 있다. 본 기술의 구체적인 예에 따르면, 탄성과 속도 파라미터에 관하여 설정된 목적함수에 수신기의 위치 좌표를 설정한 다음 초기 모델로부터 구조 모델을 구축하고 기 구축된 구조 모델을 이용하여 설정된 목적함수의 전역 탐색을 이용한 최적 기법을 이용하여 수신기 위치를 역산하고 지역 탐색을 이용한 최적화 기법을 통해 속도 역산을 순차적으로 수행함에 따라 기존의 역산 기법 보다 정확한 역산 결과를 도출할 수 있고, 연산 복잡도를 감소할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01V 1/40 (2013.01)

G01V 2210/161 (2013.01)

G01V 2210/679 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415167073

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 자원개발기술개발

연구과제명 3D/4D 탐사선 빅-데이터 특수처리 기술개발

기 여 율 1/2

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2020.01.01 ~ 2020.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1485016075

부처명 환경부

연구관리전문기관 한국환경산업기술원

연구사업명 지중환경오염위해관리기술개발사업(R&D)

연구과제명 지중 유체의 이동경로 조사·평가 기술 개발

기 여 율 1/2

주관기관 세종대학교 산학협력단

연구기간 2019.01.01 ~ 2019.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

수직 탄성과 탐사(VSP: Vertical Seismic Profiling) 데이터에 대한 목적함수에 관련해 수직 탄성과 탐사 데이터의 전파형 역산방법에 있어서,

기 정해진 지반 배경의 초기 모델에서 수치 모사를 수행하여 지하 및 탐사의 구조 모델을 구축하고 FDM(Finite Difference Method)를 사용하여 탐사 자료를 추정하는 추정 데이터 획득 단계;

상기 초기 모델 또는 역산된 구조 모델을 이용하여 수신기의 위치 파라미터에 대한 정규화 및 역산을 수행한 다음 역산 결과를 상기 구조 모델에 업데이트하는 위치 역산 구조 모델 업데이트 단계;

상기 업데이트된 구조 모델을 이용하여 탄성과 속도 파라미터의 역산을 수행한 다음 속도 역산 결과를 상기 구조 모델에 업데이트하는 속도 역산 구조 모델 업데이트 단계; 및

상기 수신기의 위치 및 탄성과 속도 역산으로 업데이트된 구조 모델의 역산 결과값과 관측 데이터의 차가 오차 수렴치에 도달하면 역산 결과를 출력하는 역산 결과 출력 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 수직 탄성과 탐사 데이터의 전파형 역산방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 위치 역산 구조 모델 업데이트 단계는,

상기 초기 모델을 이용하여 위치 파라미터의 정규화를 수행한 다음 구축된 구조 모델로 수신기의 위치 파라미터의 정규화를 수행하는 것을 특징으로 하는 수직 탄성과 탐사 데이터의 전파형 역산방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 목적함수는,

상기 구조 모델을 이용하여 상기 수신기의 위치 파라미터 역산을 전역 탐색을 이용한 최적화 기법으로 수행한 다음 위치 역산 결과로 업데이트된 구조 모델을 이용하여 탄성과 속도 파라미터의 역산을 수행하는 지역 탐색을 이용한 최적화 기법으로 역산 결과를 도출하는 것을 특징으로 하는 수직 탄성과 탐사 데이터의 전파형 역산방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 목적함수는,

수직 탄성과 탐사(VSP: Vertical Seismic Profiling) 데이터의 탄성과 속도 파라미터, 위치 파라미터, 및 정규화 항을 포함하며, 다음 식 1로 표현되는 것을 특징으로 하는 수직 탄성과 탐사 데이터의 전파형 역산방법.

[식 1]

$$\Phi = E(\mathbf{v}, \mathbf{x}) + \Psi(\mathbf{x}) = \|\mathbf{u} - \mathbf{d}\|_2^2 + \varepsilon_x \|\mathbf{C}\mathbf{x}\|_2^2$$

여기서, $E(\mathbf{v}, \mathbf{x})$ 는 위치(x) 및 속도(v) 파라미터의 역산을 위한 목적함수이고, $\Psi(\mathbf{x})$ 는 위치 파라미터(x)에 대한 정규화항이며, u는 추정 데이터, d는 실측 데이터, ε_x 는 정규화 변수이고, $\mathbf{C}\mathbf{x}$ 는 위치 파라미터의 이차 미분이다.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 수직 탄성과 탐사 데이터의 전파형 역산방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 주어진 속도 모델에서 FDM(Finite-Difference Method)의 수치 해법을 사용해 모사한 추정 데이터와 복수의 수신기를 이용하여 측정한 관측 데이터를 이용하여 수직 탄성과 탐사 데이터에 대한 탄성과 속도와 복수의 수신기의 위치에 대해 전파형 역산을 수행할 수 있도록 한 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 수직 탄성과 탐사(VSP: Vertical Seismic Profiling)은 시추공 내에 일정한 간격으로 수신기를 배열하고 지표에서 발파하여 탄성과 자료를 얻는 탐사 방법으로, 발파점의 위치에 따라 여러 가지로 분류된다.

[0004] 예를 들어 발파점이 시추공으로부터 상당히 떨어진 경우를 오프셋 VSP, 시추공에 대해 서로 다른 각을 이루는 여러 지점에서 발파하는 경우를 방위 VSP 그리고 지표 상에서 측선을 따라 일정한 간격으로 발파하는 경우를 일컫는 워크어웨이(walkaway) VSP로 분류된다.

[0005] 이러한 수직 탄성과탐사의 장점은 지층의 경사, 이방성, 입사각에 따른 반사율의 변화 그리고 파형 변화와 같은 지표 탄성과탐사에서 얻을 수 없는 유용한 정보를 얻을 수 있다는 데 있다.

[0006] 그러나, 수직 탄성과 탐사(VSP)는 탐사공이 굴착되는 과정에서 시추공 경로가 설계된 경로를 벗어나 경로의 오차가 종종 발생하고 이러한 경로 오차는 지형 및 지반에 따라 매우 광범위하게 나타난다. VSP 데이터를 가지고 역산을 수행하는 경우 경로의 오차가 역산 결과에 영향을 주게되고, 이에 실제 존재하는 탄성과 속도 모델의 왜곡이 나타난다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 탄성과 속도 파라미터에 관하여 설정된 목적함수에 수신기의 위치 좌표를 반영하고 수신기의 위치 파라미터가 반영된 목적함수에 대해 전역 탐색을 이용한 최적화 기법을 통해 수신기의 위치 역산을 수행하고 순차적으로 지역 탐색을 이용한 최적화 기법을 통해 탄성 속도를 역산함에 따라, 기존의 역산 기법 보다 정확한 역산 결과를 도출할 수 있고, 연산 복잡도를 감소할 수 있는 수직 탄성과 탐사 데이터의 전파형 역산방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 일 실시 예에 따르면, 수직 탄성과 탐사(VSP: Vertical Seismic Profiling) 데이터에 대한 목적함수에 관련해 수직 탄성과 탐사 데이터의 전파형 역산방법에 있어서,

[0011] 기 정해진 지반 배경의 초기 모델에서 수치 모사를 수행하여 지하 및 탐사의 구조 모델을 구축하고 FDM(Finite Discrete Method)를 사용하여 탐사 자료를 추정하는 추정 데이터 획득 단계;

[0012] 상기 초기 모델 또는 역산된 구조 모델을 이용하여 수신기의 위치 파라미터에 대한 정규화 및 역산을 수행한 다음 역산 결과를 상기 구조 모델에 업데이트하는 위치 역산 구조 모델 업데이트 단계;

[0013] 상기 업데이트된 구조 모델을 이용하여 탄성과 속도 파라미터의 역산을 수행하고 다음 속도 역산 결과를 상기 구조 모델에 업데이트하는 속도 역산 구조 모델 업데이트 단계; 및

[0014] 상기 수신기의 위치 및 탄성과 속도 역산으로 업데이트된 구조 모델을 이용하여 얻은 예측 결과값과 관측 데이터의 차가 오차 수렴치에 도달하면 역산 결과를 출력하는 역산 결과 출력 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 일 실시 예에 따르면, 상기 위치 역산 구조 모델 업데이트 단계는,

[0016] 상기 초기 모델을 이용하여 위치 파라미터의 정규화를 수행한 다음 구축된 구조 모델로 수신기의 위치 파라미터의 정규화를 수행하는 것을 포함할 수 있다.

[0017] 일 실시 예에 따르면, 상기 목적함수는,

[0018] 상기 구조 모델을 이용하여 상기 수신기의 위치 파라미터 역산을 수행한 다음 위치 역산 결과로 업데이트된 구조 모델을 이용하여 탄성과 속도 파라미터의 역산을 수행하는 지역 탐색을 이용한 최적화 기법으로 역산 결과를 도출할 수 있다.

- [0019] 일 실시 예에 따르면, 상기 목적함수는,
- [0020] 수직 탄성과 탐사(VSP: Vertical Seismic Profiling) 데이터의 탄성과 속도 파라미터, 위치 파라미터, 및 정규화 항을 포함하며, 다음 식 1로 표현될 수 있다.

[0021] [식 1]

$$\Phi = E(\mathbf{v}, \mathbf{x}) + \Psi(\mathbf{x}) = \|\mathbf{u} - \mathbf{d}\|_2^2 + \varepsilon_x \|\mathbf{C}\mathbf{x}\|_2^2$$

- [0023] 여기서, $E(\mathbf{v}, \mathbf{x})$ 는 수신기의 위치(x) 및 탄성과 속도(v) 파라미터의 역산을 위한 목적함수, $\Psi(\mathbf{x})$ 는 위치 파라미터(x)에 대한 정규화항이며, u는 추정 데이터, d는 실측 데이터, ε_x 는 정규화 변수이고, $\mathbf{C}\mathbf{x}$ 는 위치 파라미터의 이차 미분을 나타낸다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명에 따르면, 탄성과 속도 파라미터에 관하여 설정된 목적함수에 수신기의 위치 좌표를 반영하고 수신기의 위치 파라미터가 반영된 목적함수에 대해 전역 탐색을 이용한 최적화 기법을 통한 위치 역산, 지역 탐색을 이용한 최적화 기법을 통해 속도 역산을 순차적으로 수행함에 따라 기존의 역산 기법 보다 정확한 역산 결과를 도출할 수 있고, 연산 복잡도를 감소할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 본 명세서에서 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 후술하는 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니된다.

도 1은 일 실시 예의 VSP의 전파형역산과정을 보인 전체 흐름도이다.

도 2는 일 실시 예의 위치 파라미터의 반복 목적 함수값을 보인 도들이다.

도 3은 일 실시 예에 따른 전역탐색을 이용한 역산결과를 보인 도이다.

도 4는 일 실시 예에 따른 역산 결과와 기존의 역산 결과의 비교 분석도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 실시예들에 대한 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 예시를 위한 목적으로 개시된 것으로서, 다양한 형태로 변경되어 실시될 수 있다. 따라서, 실시예들은 특정한 개시형태로 한정되는 것이 아니며, 본 명세서의 범위는 기술적 사상에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

- [0029] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 이런 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 해석되어야 한다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.

- [0030] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

- [0031] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설명된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로써 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [0032] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0033] 실시예들은 퍼스널 컴퓨터, 랩톱 컴퓨터, 태블릿 컴퓨터, 스마트 폰, 텔레비전, 스마트 가전 기기, 지능형 자동차, 키오스크, 웨어러블 장치 등 다양한 형태의 제품으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들은 스마트 폰, 모바일 기기, 스마트 홈 시스템 등에서 사용자를 인증하는데 적용될 수 있다. 실시예들은 사용자 인증을 통한결제 서비스에 적용될 수 있다. 또한, 실시예들은 사용자를 인증하여 자동으로 시동을 거는 지능형 자동차 시스템 등에도 적용될 수 있다.

[0034] 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0035] 일 실시 예는 지표면에 소정 간격으로 설치된 다수의 송신원과 지표로부터 소정 깊이의 소정 간격마다 설치된 복수의 수신기를 구비하여 기 정해진 주파수 대역의 송신 파형에 응답한 탄성과 데이터를 처리하는 탄성과 탐사 프로세서를 포함한다. 이러한 탄성과 탐사 프로세서는 임의의 실제적인 애플리케이션에서 탄성과 데이터의 역산 동작을 수행하도록 구체적으로 프로그램된 컴퓨터상에서 수행되어야 한다는 것은 상기 기술적 분야에서 일하는 자들에게 명백할 것이다. 여기서, 탄성과 데이터는 탄성과 속도를 포함한다.

[0036] 탄성과 탐사 프로세서에서의 전파형 역산은, 기 구축된 배경 지반의 초기 모델에서의 파생된 모델의 목적 함수에 의존한다. 목적함수(Φ)는 다음 식 1로 제공된다.

[0037] [식 1]

$$\Phi = E(\mathbf{v}, \mathbf{x}) + \Psi(\mathbf{x}) = \|\mathbf{u} - \mathbf{d}\|_2^2 + \epsilon_x \|\mathbf{C}\mathbf{x}\|_2^2$$

[0039] 여기서, 목적함수(Φ)는 수신기 위치 파라미터인 매개변수 $\mathbf{x}$ 를 추가하고, $\epsilon_x \|\mathbf{C}\mathbf{x}\|_2^2$ 는 설계 경로에 따른 시추를 진행한다고 할 때 의도와 달리 시추공의 궤적이 휘어지더라도 급격하게 변하지 아니한다는 점을 고려하기 위해, 곡률을 최소화하기 위한 정규화 항으로 추가한 것이고, ϵ_x 는 정규화의 크기를 결정하기 위한 정규화 변수이다. 그리고 여기서, $E(\mathbf{v}, \mathbf{x})$ 는 수신기의 위치($\mathbf{x}$) 및 탄성과 속도($\mathbf{v}$) 파라미터의 역산을 위한 목적함수이고, $\Psi(\mathbf{x})$ 는 위치 파라미터($\mathbf{x}$)에 대한 정규화항이며, $\mathbf{u}$ 는 추정 데이터, $\mathbf{d}$ 는 실측 데이터, ϵ_x 는 정규화 변수이고, $\mathbf{C}\mathbf{x}$ 는 위치 파라미터의 이차미분을 나타낸다.

[0040] 여기서, 탄성과 속도 파라미터의 역산을 위해 속도 변화량은 다음 식 2로 유도된다.

[0041] [식 2]

$$\delta \mathbf{v}^{(k)} = \alpha^{(k)} (-\nabla E^{(k)} + \beta^{(k)} \mathbf{p}^{(k-1)})$$

[0043] 여기서, 속도 변화량($\delta \mathbf{v}^{(k)}$)은 주어진 켈레 기울기방향($\mathbf{p}^{(k-1)}$)과 목적함수의 경사방향 ($\nabla E^{(k)}$)을 이용하여 도출할 수 있으며 선형 탐색을 사용하여 구한 보폭값($\alpha^{(k)}$)과 켈레 기울기법에서 일반적으로 사용하는 "polak-Ribiere" 상수 ($\beta^{(k)}$)를 사용한다. 전술한 식 2의 해는 비선형 켈레 기울기법(Conjugate Gradient)를 이용하여 도출되며, 수렴성을 향상시키기 위해 목적함수의 유사 헤시안(Pseudo Hessian)을 전처리에 이용한다.

[0044] 그리고, 수신기의 위치 파라미터 역산 결과는 다음 식 3으로 유도된다.

[0045] [식 3]

$$\underset{\mathbf{x}}{\operatorname{argmin}} \|\mathbf{u}(\mathbf{v}, \mathbf{x}) - \mathbf{d}\|_2^2 + \epsilon_x \|\mathbf{C}\mathbf{x}\|_2^2$$

[0047] 여기서, 식 3의 해는 전역 탐색을 이용한 최적화 기법을 통해 구할 수 있으며, 추가적인 파동장의 연산 없이 위치 변수에 대한 역산 결과를 효과적으로 도출할 수 있다.

[0048] 한편 식 1의 목적 함수의 정규화 항은 수신기의 위치 역산을 동시에 수행함에 따라 도출될 수 있으며, 여기서, 정규화 변수 ϵ_x 는 다음 식 4로 도출된다.

[0049] [식 4]

$$\varepsilon_x = \frac{\alpha^* E(\mathbf{v}, \mathbf{x})}{\Psi(\mathbf{x})}$$

[0051] α^* 는 기 정해진 가중치이다.

[0052] 도 1은 일 실시 예에 따른 수직 탄성과 탐사 데이터의 전파형 역산방법을 보인 전체 흐름도로서, 도 1을 참조하면, 일 실시 예에 따른 수직 탄성과 탐사 데이터의 전파형 역산방법은 탄성과 속도 및 수신기의 위치 각각의 파라미터에 대한 역산을 독립적으로 수행하되, 수신기의 위치 파라미터 역산을 선행 수행한 다음 탄성과 속도 정보의 역산을 수행한다. 이에 수신기의 위치 파라미터 역산의 크로스토크가 탄성과 속도 파라미터 역산의 크로스토크 보다 작으므로, 각 수신기의 위치 및 탄성과 속도 파라미터 간의 크로스토크(crosstalk) 발생 문제가 제거되며 왜곡이 제거될 수 있다.

[0053] 일 실시 예는 탄성과 탐사 프로세서를 포함하고, 단계(111)(112)에서, 탄성과 탐사 프로세서는 기 구축된 배경 지반의 초기 모델로부터 수신기의 위치 및 탄성과 속도 파라미터를 모사하기 위한 구조 모델을 구축한다. 여기서, 구조 모델은 암염돔 형태의 모델로 구축될 수 있다.

[0054] 단계(121 내지 124)에서, 탄성과 탐사 프로세서는 수신기의 위치 파라미터에 대해 위치 파라미터에 대한 정규화를 수행하고, 추정 데이터를 도출하며, 도출된 추정 데이터와 수신기로부터 공급된 관측 데이터를 토대로 위치 파라미터의 역산을 수행한다.

[0055] 여기서, 탄성과 탐사 프로세서는 수신기의 위치 파라미터 및 탄성과 속도 파라미터 동시 역산 기법을 통해 정규화 변수의 발런싱 패널티(Balancing Penalty)를 사용한 정규화 변수 ε_x 를 선정한 다음 선정된 정규화 변수를 토대로 수행된 위치 파라미터의 정규화를 수행할 수 있다. 여기서, 위치 파라미터의 정규화는 식 1에 의거 수행되며, 최초 배경 지반의 초기 모델을 기반으로 수행하되, 이 후 역산된 위치 변수를 기반으로 수행된다.

[0056] 탄성과 탐사 프로세서는 역산된 구조 모델을 이용하여 추정 데이터를 도출하며, 도출된 추정 데이터와 수신기로부터 공급된 관측 데이터를 토대로 식 3에 의거 위치 파라미터의 역산을 수행한다. 그리고 위치 파라미터 역산 결과는 구조 모델에 업데이트된다.

[0057] 또한 단계(131 및 132)에서, 탄성과 탐사 프로세서는 위치 파라미터 역산 결과로 업데이트된 구조 모델을 이용하여 식 2를 기반하여 탄성과 속도 파라미터의 역산을 수행하고 탄성과 속도 파라미터 역산 결과는 위치 파라미터 역산 결과가 업데이트된 구조 모델에 업데이트된다.

[0058] 그리고, 단계(141 및 142)에서 탄성과 탐사 프로세서는 수신기의 위치 및 탄성과 속도 파라미터의 역산 결과와 관측 데이터의 차가 정해진 오차 수렴치에 도달하면 역산 결과를 도출하고, 오차 수렴치에 도달하지 아니한 경우 단계(112)로 진행할 수 있다.

[0059] 이에 탄성과 속도 파라미터에 관하여 설정된 목적함수에 수신기의 위치 좌표를 반영하고 수신기의 위치 파라미터가 반영된 목적함수에 대해 전역 탐색을 이용한 최적화 기법을 통해 수신기의 위치를 역산하고, 지역 탐색을 이용한 최적화 기법을 통해 속도 역산을 수행함에 따라 기존의 역산 기법 보다 정확한 역산 결과를 도출할 수 있고, 연산 복잡도를 감소할 수 있다.

[0060] 도 2는 위치 파라미터에 따른 목적함수의 연산값을 보인 도들로서, (a)는 1회, (b)는 50회, (c)는 100회, 및 (d)는 300회 반복 검출된 연산값들이고, 이러한 목적함수에 대한 전역 탐색을 이용한 최적화 기법을 적용하여 역산 결과는 도 3에 도시된 바와 같다.

[0061] 즉, 도 3을 참조하면, 탄성과 속도 및 수신기의 위치 모두가 관측 데이터에 인접하게 수렴하는 것으로 확인 할 수 있고, 이에 탄성과 속도의 경우 암염돔의 경계면의 구분이 뚜렷하게 나타나고 전반적으로 역산 결과가 개선됨을 알 수 있다.

[0062] 도 4는 전역 탐색(Global Search)을 이용한 최적 기법을 이용한 수신기의 위치 파라미터의 역산 결과를 기존의 Gauss Newton 기법을 이용한 수신기의 위치 파라미터의 역산 결과를 비교한 도면으로서, 도 4를 참조하면, 수신기의 위치 파라미터의 역산의 결과는 대략 4km부근까지 비슷한 결과를 나타내지만 그 이후 Gauss-Newton 기법을 이용한 역산이 실제 위치를 추정하지 못하고 초기 모델을 벗어나지 못하는 것을 확인할 수 있다.

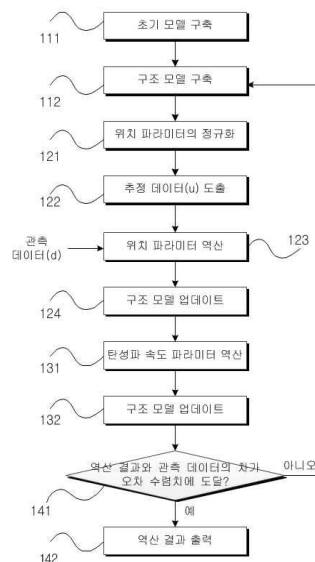
- [0063] 이에 Gauss-Newton 기법을 이용한 수신기의 위치 역산이 위치 오차가 심할 경우 수렴성이 떨어지며 해를 구하지 못하는 반면, 전역 탐색법을 이용한 목적함수의 최적화 기법에 의한 수신기의 위치 역산의 경우 역산의 결과가 관측 데이터에 가까운 값을 나타내며 그 수렴속도가 매우 빠르고 안정적인 결과를 나타낸다.
- [0064] 전차 또는 전역 탐색을 이용한 목적함수의 최적화 기법의 경우 빠르게 수렴하여 결과가 '0'에 가까운 것을 확인할 수 있었지만 Gauss-Newton 기법을 이용한 역산의 경우 약 10번째 역산까지 비교적 수렴해 가다가 '0'이 아닌 40으로 수렴하는 것을 확인할 수 있다.
- [0065] 따라서, 도 4를 참조하면, 전역 탐색을 이용한 목적함수의 최적화 기법을 이용한 역산 결과가 기존의 Gauss-Newton 기법과 비교하여 속도 파라미터의 역산에 영향을 미쳐 속도 및 위치 파라미터의 동시 역산의 결과가 안정적임이 확인된다.
- [0066] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자라면 하기의 특허 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

산업상 이용가능성

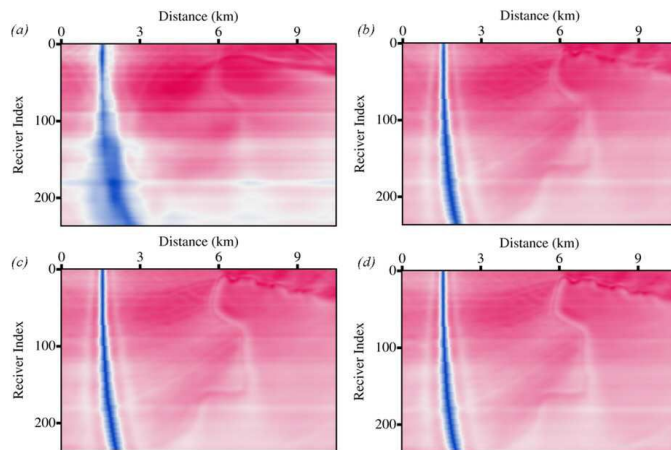
- [0067] 탄성과 속도 파라미터에 관하여 설정된 목적함수에 수신기의 위치 좌표를 반영하고 수신기의 위치 파라미터가 반영된 목적함수에 대해 전역 탐색을 이용한 최적화 기법을 통해 위치 역산을 수행한 다음 지역 탐색을 이용한 최적화 기법을 통해 속도 역산을 수행함에 따라 기존의 역산 기법 보다 정확한 역산 결과를 도출할 수 있고, 연산 복잡도를 감소할 수 있는 수직 탄성과 탐사 데이터의 전파형 역산방법에 대한 운용의 정확성 및 신뢰도 측면, 더 나아가 성능 효율 면에 매우 큰 진보를 가져올 수 있으며, 시추 공정의 시판 또는 영업의 가능성이 충분할 뿐만 아니라 현실적으로 명백하게 실시할 수 있는 정도이므로 산업상 이용가능성이 있는 발명이다.

도면

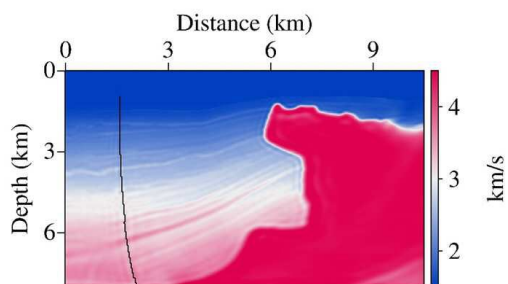
도면1



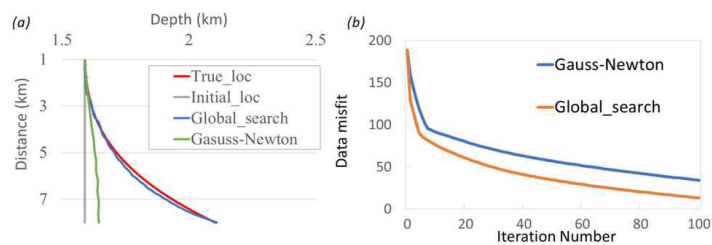
도면2



도면3



도면4



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 4

【변경전】

Veritcal

【변경후】

Vertical