



등록특허 10-2493318



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년01월30일

(11) 등록번호 10-2493318

(24) 등록일자 2023년01월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01R 31/08 (2006.01) B60W 50/02 (2006.01)

B60W 60/00 (2020.01) G01R 23/02 (2006.01)

G06N 3/08 (2023.01)

(52) CPC특허분류

G01R 31/083 (2013.01)

B60W 50/0205 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0061293

(22) 출원일자 2021년05월12일

심사청구일자 2021년05월12일

(65) 공개번호 10-2022-0074691

(43) 공개일자 2022년06월03일

(30) 우선권주장

1020200161961 2020년11월27일 대한민국(KR)

(56) 선행기술조사문헌

KR102058230 B1\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

신용준

서울특별시 서대문구 연세로 50, 제3공학관 C511호(신촌동, 연세대학교)

권구영

서울특별시 서대문구 연세로 50, 제2공학관 B729호(신촌동, 연세대학교)

(74) 대리인

특허법인우인

전체 청구항 수 : 총 12 항

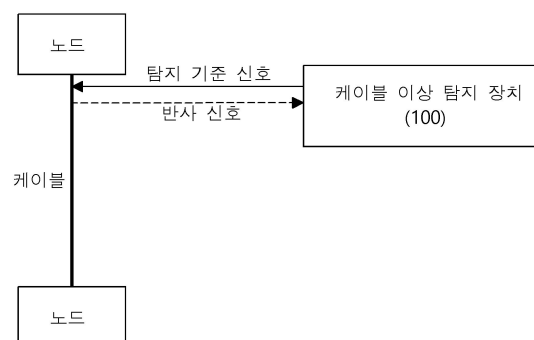
심사관 : 공덕현

(54) 발명의 명칭 인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 장치 및 방법

## (57) 요약

본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 장치 및 방법은, 시간-주파수 영역 반사파 계측법의 결과를 비지도 학습의 일종인 변분 오토인코더(variational autoencoder, VAE)에 투입하여 노드들을 서로 연결하는 케이블의 상태를 실시간으로 모니터링할 수 있다.

## 대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*B60W 60/001* (2020.02)

*G01R 23/02* (2021.05)

*G06N 3/08* (2023.01)

*B60W 2050/021* (2013.01)

*B60Y 2306/15* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711110384
과제번호	2020R1A2B5B03001692
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견연구자지원사업
연구과제명	수퍼 그리드 구현을 위한 차세대 전력망 진단 및 모니터링 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2020.03.01 ~ 2023.02.28

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

노드들을 서로 연결하는 케이블의 이상을 탐지하는 케이블 이상 탐지 장치로서,

시간-주파수 영역 반사파 계측법을 기반으로 획득된 탐지 기준 신호를 상기 케이블에 주입하고, 반사되어 되돌아 오는 반사 신호를 획득하는 반사 신호 획득부; 및

케이블 이상 탐지 네트워크 모델을 포함하는 이상 탐지부로서, 상기 반사 신호에 따라 상기 케이블 이상 탐지 네트워크 모델로부터 상기 케이블에 대한 이상치 점수를 획득하며, 상기 이상치 점수와 미리 설정된 임계값을 대비하여 상기 케이블의 이상을 탐지하는 이상 탐지부를 포함하고,

상기 케이블 이상 탐지 네트워크 모델은,

상기 반사 신호를 미리 설정된 시간 폭의 크기로 윈도우(windowing)하여 프레임 단위 데이터로 전처리하는 데이터 윈도우 층; 상기 프레임 단위 데이터로 전처리된 상기 반사 신호를 정규화(normalization)하는 정규화 층; 및 상기 프레임 단위 데이터로 정규화된 반사 신호가 입력되는 변분 오토인코더를 더 포함하며,

상기 이상 탐지부가 케이블에 대한 이상치 점수를 획득하는 것은, 상기 변분 오토인코더로부터 출력되는 데이터를 이용하여 상기 케이블에 대한 이상치 점수를 산출하는 것을 특징으로 하는

인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 장치.

#### 청구항 2

제1항에서,

상기 노드는,

자율 주행 차량의 내부에 위치하는 부품이며,

상기 케이블 이상 탐지 장치는,

상기 자율 주행 차량의 내부에 탑재되어 미리 설정된 시간 단위로 상기 케이블의 이상을 탐지하는,

인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 장치.

#### 청구항 3

제1항에서,

상기 변분 오토인코더는,

장단기 기억 메모리(long short-term memory, LSTM)와 완전 연결 신경망(fully connected neural network, FCNN)의 조합으로 이루어지고, 상기 정규화 층을 통해 정규화된 상기 반사 신호를 입력으로 하고, 잠재 공간(latent space)을 출력하는 인코더 층과,

장단기 기억 메모리(LSTM)와 완전 연결 신경망(FCNN)의 조합으로 이루어지고, 상기 인코더 층을 통해 출력되는 상기 잠재 공간을 입력으로 하는 디코더 층을 포함하며,

상기 케이블 이상 탐지 네트워크 모델은, 상기 디코더 층을 통해 출력되는 데이터를 입력으로 하고, 상기 케이블에 대한 이상치 점수를 출력하는 스코어링 층;을 포함하는 인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 장치.

#### 청구항 4

제3항에서,

상기 정규화 층은,

프레임 단위 데이터로 전처리된 상기 반사 신호가 입력되고, 상기 탐지 기준 신호가 프레임에 포함된 비율인 목표 전압값을 프레임 단위로 출력하는 완전 연결 신경망(FCNN)을 포함하는,

인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 장치.

#### 청구항 5

제3항에서,

상기 스코어링 층은,

상기 디코더 층을 통해 출력되는 데이터의 재구성 확률을 기반으로 상기 케이블에 대한 상기 이상치 점수를 획득하고, 획득한 상기 이상치 점수를 출력하는,

인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 장치.

#### 청구항 6

제5항에서,

상기 스코어링 층은,

정상 상태에서의 로그 재구성 확률들의 전체 집합과 대상 프레임의 로그 재구성 확률을 기반으로 상기 대상 프레임에 대한 점수를 획득하고, 획득한 점수를 정상 상태에서의 로그 재구성 확률들의 전체 집합을 이용하여 min-max 정규화하여 상기 대상 프레임에 대한 상기 이상치 점수를 획득하는,

인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 장치.

#### 청구항 7

제2항에서,

상기 이상 탐지부는,

상기 이상치 점수와 상기 임계값을 대비하여 상기 케이블에서 이상이 발생된 위치와 정도를 탐지하는,

인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 장치.

#### 청구항 8

제2항에서,

상기 케이블의 물리적 특성과 전기적 특성을 기반으로 상기 탐지 기준 신호를 생성하는 탐지 기준 신호 생성부;

를 더 포함하는 인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 장치.

#### 청구항 9

노드들을 서로 연결하는 케이블의 이상을 탐지하는 케이블 이상 탐지 장치에서 수행되는 케이블 이상 탐지 방법으로서,

반사 신호 획득부가, 시간-주파수 영역 반사파 계측법을 기반으로 획득된 탐지 기준 신호를 상기 케이블에 주입하고, 반사되어 되돌아 오는 반사 신호를 획득하는 단계;

변분 오토인코더(variational autoencoder, VAE) 기반의 케이블 이상 탐지 네트워크 모델에 상기 반사 신호를 입력하는 단계;

상기 케이블 이상 탐지 네트워크 모델을 통해 상기 케이블에 대한 이상치 점수를 획득하는 단계; 및

획득한 상기 이상치 점수와 미리 설정된 임계값을 대비하여 상기 케이블의 이상을 탐지하는 단계를 포함하며,

상기 케이블 이상 탐지 네트워크 모델은,

상기 반사 신호를 미리 설정된 시간 폭의 크기로 윈도우(windowing)하여 프레임 단위 데이터로 전처리하는 데이터 윈도우 층; 상기 프레임 단위 데이터로 전처리된 상기 반사 신호를 정규화(normalization)하는 정규화 층;

및 상기 프레임 단위 데이터로 정규화된 반사 신호가 입력되는 변분 오토인코더를 더 포함하며,

상기 케이블에 대한 이상치 점수를 획득하는 것은, 상기 변분 오토인코더로부터 출력되는 데이터를 이용하여 상기 케이블에 대한 이상치 점수를 산출하는 것을 특징으로 하는 인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 방법.

#### 청구항 10

제9항에서,

상기 노드는,

자율 주행 차량의 내부에 위치하는 부품이며,

상기 케이블 이상 탐지 장치는,

상기 자율 주행 차량의 내부에 탑재되어 미리 설정된 시간 단위로 상기 케이블 이상 탐지 방법을 수행하여 상기 케이블의 이상을 탐지하는,

인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 방법.

#### 청구항 11

제9항에서, 상기 변분 오토인코더는,

장단기 기억 메모리(long short-term memory, LSTM)와 완전 연결 신경망(fully connected neural network, FCNN)의 조합으로 이루어지고, 상기 정규화 층을 통해 정규화된 상기 반사 신호를 입력으로 하고, 잠재 공간(latent space)을 출력하는 인코더 층;과

장단기 기억 메모리(LSTM)와 완전 연결 신경망(FCNN)의 조합으로 이루어지고, 상기 인코더 층을 통해 출력되는 상기 잠재 공간을 입력으로 하는 디코더 층을 포함하며,

상기 케이블 이상 탐지 네트워크 모델은, 상기 디코더 층을 통해 출력되는 데이터를 입력으로 하고, 상기 케이블에 대한 이상치 점수를 출력하는 스코어링 층;을 더 포함하는 인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 방법.

#### 청구항 12

제9항 내지 제11항 중 어느 한 항에 기재된 인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위하여 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 노드들을 서로 연결하는 케이블의 이상을 탐지하는, 장치 및 방법에 관한 것이다.

[0002] 특히, 본 발명은 운전자의 관여없이 스스로 판단하여 운행하는 자율 주행차에 적용되어, 자율 주행차 내부의 부품 사이를 연결하는 케이블의 이상을 실시간으로 탐지함으로써, 자율 주행차의 기능 장애로 인해 발생할 수 있는 사고 등을 미연에 방지할 수 있는, 장치 및 방법에 관한 것이다.

[0003] 본 연구는 2020~2023년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연세대학교 주관으로 수행된 "수퍼 그리드 구현을 위한 차세대 전력망 진단 및 모니터링 기술 개발(No. 2020R1A2B5B03001692)" 과제와 관련된다.

#### 배경 기술

[0004] 종래 기술은 시간-주파수 영역 반사파 계측법의 결과로부터 모니터링 파라미터를 추출하여 해당 파라미터를 관찰하는 방식을 통해 케이블의 건전성을 모니터링하였다. 하지만, 반사파는 케이블이 정상 상태에서 운영되더라

도 변화할 가능성이 존재한다. 예를 들면, 케이블 종단에 연결된 모터의 동작 상태가 변하는 경우, 초전도 케이블의 온도 및 압력이 변하는 경우, 케이블의 연결 토폴로지가 변하는 경우 등이 있다. 종래 기술은 이러한 정상 상태의 동작들을 배선 이상으로 판정할 가능성이 농후하다. 또한, 종래 기술은 정상과 이상 간 경계값을 설정할 수 없었으므로, 파라미터가 일정하게 변화하더라도 정상 또는 비정상을 판정하는 것이 불가능하였다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 이루고자 하는 목적은, 시간-주파수 영역 반사파 계측법의 결과를 비지도 학습의 일종인 변분 오토인코더(variational autoencoder, VAE)에 투입하여 노드들을 서로 연결하는 케이블의 상태를 실시간으로 모니터링하는, 인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 장치 및 방법을 제공하는 데 있다.

[0006] 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 수 있다.

### 과제의 해결 수단

[0007] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 장치는, 노드들을 서로 연결하는 케이블의 이상을 탐지하는 케이블 이상 탐지 장치로서, 시간-주파수 영역 반사파 계측법을 기반으로 획득된 탐지 기준 신호를 상기 케이블에 주입하고, 반사되어 되돌아 오는 반사 신호를 획득하는 반사 신호 획득부; 및 변분 오토인코더(variational autoencoder, VAE) 기반의 케이블 이상 탐지 네트워크 모델에 상기 반사 신호 획득부를 통해 획득한 상기 반사 신호를 입력하고, 상기 케이블 이상 탐지 네트워크 모델을 통해 상기 케이블에 대한 이상치 점수를 획득하며, 획득한 상기 이상치 점수와 미리 설정된 임계값을 대비하여 상기 케이블의 이상을 탐지하는 이상 탐지부;를 포함한다.

[0008] 여기서, 상기 노드는, 자율 주행 차량의 내부에 위치하는 부품이며, 상기 케이블 이상 탐지 장치는, 상기 자율 주행 차량의 내부에 탑재되어 미리 설정된 시간 단위로 상기 케이블의 이상을 탐지할 수 있다.

[0009] 여기서, 상기 케이블 이상 탐지 네트워크 모델은, 시계열 데이터로 이루어지는 상기 반사 신호를 미리 설정된 시간 폭의 크기로 윈도우(windowing)하여 프레임 단위 데이터로 전처리하는 데이터 윈도우 층; 상기 데이터 윈도우 층을 통해 프레임 단위 데이터로 전처리된 상기 반사 신호를 정규화(normalization)하는 정규화 층; 장단기 기억 메모리(long short-term memory, LSTM)와 완전 연결 신경망(fully connected neural network, FCNN)의 조합으로 이루어지고, 상기 정규화 층을 통해 정규화된 상기 반사 신호를 입력으로 하고, 잠재 공간(latent space)을 출력하는 인코더 층; 장단기 기억 메모리(LSTM)와 완전 연결 신경망(FCNN)의 조합으로 이루어지고, 상기 인코더 층을 통해 출력되는 상기 잠재 공간을 입력으로 하는 디코더 층; 및 상기 디코더 층을 통해 출력되는 데이터를 입력으로 하고, 상기 케이블에 대한 이상치 점수를 출력하는 스코어링 층;을 포함할 수 있다.

[0010] 여기서, 상기 정규화 층은, 프레임 단위 데이터로 전처리된 상기 반사 신호가 입력되고, 상기 탐지 기준 신호가 프레임에 포함된 비율인 목표 전압값을 프레임 단위로 출력하는 완전 연결 신경망(FCNN)을 포함할 수 있다.

[0011] 여기서, 상기 스코어링 층은, 상기 디코더 층을 통해 출력되는 데이터의 재구성 확률을 기반으로 상기 케이블에 대한 상기 이상치 점수를 획득하고, 획득한 상기 이상치 점수를 출력할 수 있다.

[0012] 여기서, 상기 스코어링 층은, 정상 상태에서의 로그 재구성 확률들의 전체 집합과 대상 프레임의 로그 재구성 확률을 기반으로 상기 대상 프레임에 대한 점수를 획득하고, 획득한 점수를 정상 상태에서의 로그 재구성 확률들의 전체 집합을 이용하여 min-max 정규화하여 상기 대상 프레임에 대한 상기 이상치 점수를 획득할 수 있다.

[0013] 여기서, 상기 이상 탐지부는, 상기 이상치 점수와 상기 임계값을 대비하여 상기 케이블에서 이상이 발생된 위치와 정도를 탐지할 수 있다.

[0014] 여기서, 상기 케이블의 물리적 특성과 전기적 특성을 기반으로 상기 탐지 기준 신호를 생성하는 탐지 기준 신호 생성부;를 더 포함할 수 있다.

[0016] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 방법은, 노드들을 서로 연결하는 케이블의 이상을 탐지하는 케이블 이상 탐지 장치에서 수행되는 케이블 이상 탐지 방법으로서, 시간-주파수 영역 반사파 계측법을 기반으로 획득된 탐지 기준 신호를 상기 케이블에 주입하고, 반사되어 되돌아 오는 반사 신호를 획득하는 단계; 변분 오토인코더(variational autoencoder,

VAE) 기반의 케이블 이상 탐지 네트워크 모델에 상기 반사 신호를 입력하는 단계; 상기 케이블 이상 탐지 네트워크 모델을 통해 상기 케이블에 대한 이상치 점수를 획득하는 단계; 및 획득한 상기 이상치 점수와 미리 설정된 임계값을 대비하여 상기 케이블의 이상을 탐지하는 단계;를 포함한다.

[0017] 여기서, 상기 노드는, 자율 주행 차량의 내부에 위치하는 부품이며, 상기 케이블 이상 탐지 장치는, 상기 자율 주행 차량의 내부에 탑재되어 미리 설정된 시간 단위로 상기 케이블 이상 탐지 방법을 수행하여 상기 케이블의 이상을 탐지할 수 있다.

[0018] 여기서, 상기 케이블 이상 탐지 네트워크 모델은, 시계열 데이터로 이루어지는 상기 반사 신호를 미리 설정된 시간 폭의 크기로 윈도우(windowing)하여 프레임 단위 데이터로 전처리하는 데이터 윈도우 층; 상기 데이터 윈도우 층을 통해 프레임 단위 데이터로 전처리된 상기 반사 신호를 정규화(normalization)하는 정규화 층; 장단기 기억 메모리(long short-term memory, LSTM)와 완전 연결 신경망(fully connected neural network, FCNN)의 조합으로 이루어지고, 상기 정규화 층을 통해 정규화된 상기 반사 신호를 입력으로 하고, 잠재 공간(latent space)을 출력하는 인코더 층; 장단기 기억 메모리(LSTM)와 완전 연결 신경망(FCNN)의 조합으로 이루어지고, 상기 인코더 층을 통해 출력되는 상기 잠재 공간을 입력으로 하는 디코더 층; 및 상기 디코더 층을 통해 출력되는 데이터를 입력으로 하고, 상기 케이블에 대한 이상치 점수를 출력하는 스코어링 층;을 포함할 수 있다.

[0020] 상기의 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 저장되어 상기한 인공지능을 활용한 반사파 예측법 기반 케이블 이상 탐지 방법 중 어느 하나를 컴퓨터에서 실행시킨다.

### 발명의 효과

[0021] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능을 활용한 반사파 예측법 기반 케이블 이상 탐지 장치 및 방법에 의하면, 시간-주파수 영역 반사파 예측법의 결과를 비지도 학습의 일종인 변분 오토인코더(variational autoencoder, VAE)에 투입하여 노드들을 서로 연결하는 케이블의 상태를 실시간으로 모니터링할 수 있다.

[0022] 그리고, 변분 오토인코더(VAE) 기반의 이상치 탐지 알고리즘에서는 정상이라고 판단되는 모든 종류의 시간-주파수 영역 반사파 예측법 결과를 사용하여 네트워크를 훈련하는 방식이므로, 훈련에서 사용된 결과를 제외한 모든 경우를 배선 이상으로 판정할 수 있다.

[0023] 또한, 정상 상태에서 발생할 수 있는 이상치 점수의 최대값을 1로 정규화하므로, 정확한 경계값을 기반으로 배선에서의 정상과 이상을 구분해낼 수 있다는 특징을 가진다.

[0024] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능을 활용한 반사파 예측법 기반 케이블 이상 탐지 장치를 설명하기 위한 블록도이다.

도 2는 도 1에 도시한 케이블 이상 탐지 장치의 세부 구성을 설명하기 위한 블록도이다.

도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 케이블 이상 탐지 네트워크를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 도 3에 도시한 정규화 층의 세부 구조를 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 케이블 이상 탐지 동작의 성능을 설명하기 위한 도면으로, 도 5의 (a)는 반사 신호를 나타내고, 도 5의 (b)는 본 발명에 따른 이상치 점수를 나타내며, 도 5의 (c)는 종래의 시간-주파수 상호 상관 함수를 나타낸다.

도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능을 활용한 반사파 예측법 기반 케이블 이상 탐지 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 게시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있는



며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

- [0027] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0028] 본 명세서에서 "제1", "제2" 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위한 것으로, 이들 용어들에 의해 권리범위가 한정되어서는 아니 된다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.
- [0029] 본 명세서에서 각 단계들에 있어 식별부호(예를 들어, a, b, c 등)는 설명의 편의를 위하여 사용되는 것으로 식별부호는 각 단계들의 순서를 설명하는 것이 아니며, 각 단계들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않는 이상 명기된 순서와 다르게 일어날 수 있다. 즉, 각 단계들은 명기된 순서와 동일하게 일어날 수도 있고 실질적으로 동시에 수행될 수도 있으며 반대의 순서대로 수행될 수도 있다.
- [0030] 본 명세서에서, "가진다", "가질 수 있다", "포함한다" 또는 "포함할 수 있다" 등의 표현은 해당 특징(예: 수치, 기능, 동작, 또는 부품 등의 구성요소)의 존재를 가리키며, 추가적인 특징의 존재를 배제하지 않는다.
- [0031] 또한, 본 명세서에 기재된 '~부'라는 용어는 소프트웨어 또는 FPGA(field-programmable gate array) 또는 ASIC과 같은 하드웨어 구성요소를 의미하며, '~부'는 어떤 역할들을 수행한다. 그렇지만 '~부'는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. '~부'는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 '~부'는 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로코드, 회로, 데이터 구조들 및 변수들을 포함한다. 구성요소들과 '~부'들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 '~부'들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 '~부'들로 더 분리될 수 있다.
- [0033] 이하에서 첨부한 도면을 참조하여 본 발명에 따른 인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 장치 및 방법의 바람직한 실시예에 대해 상세하게 설명한다.
- [0035] 먼저, 도 1 내지 도 5를 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 장치에 대하여 설명한다.
- [0036] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 장치를 설명하기 위한 블록도이고, 도 2는 도 1에 도시한 케이블 이상 탐지 장치의 세부 구성을 설명하기 위한 블록도이며, 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 케이블 이상 탐지 네트워크를 설명하기 위한 도면이고, 도 4는 도 3에 도시한 정규화 층의 세부 구조를 설명하기 위한 도면이며, 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 케이블 이상 탐지 동작의 성능을 설명하기 위한 도면으로, 도 5의 (a)는 반사 신호를 나타내고, 도 5의 (b)는 본 발명에 따른 이상치 점수를 나타내며, 도 5의 (c)는 종래의 시간-주파수 상호 상관 함수를 나타낸다.
- [0037] 도 1을 참조하면, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 장치(이하 '케이블 이상 탐지 장치'라 한다)(100)는 노드들을 서로 연결하는 케이블의 이상을 탐지한다.
- [0038] 여기서, 노드는 자율 주행 차량(도시하지 않음)의 내부에 위치하는 부품일 수 있다.
- [0039] 그리고, 케이블 이상 탐지 장치(100)는 자율 주행 차량의 내부에 탑재되어 미리 설정된 시간 단위로 케이블의 이상을 탐지할 수 있다.
- [0040] 즉, 케이블 이상 탐지 장치(100)는 시간-주파수 영역 반사파 계측법의 결과를 비지도 학습의 일종인 변분 오토인코더(variational autoencoder, VAE)에 투입하여 노드들을 서로 연결하는 케이블의 상태를 실시간으로 모니터링할 수 있다.
- [0042] 이를 위해, 도 2를 참조하면, 케이블 이상 탐지 장치(100)는 탐지 기준 신호 생성부(110), 반사 신호 획득부(130) 및 이상 탐지부(150)를 포함할 수 있다.
- [0043] 탐지 기준 신호 생성부(110)는 케이블의 물리적 특성과 전기적 특성을 기반으로 탐지 기준 신호를 생성할 수 있



다.

- [0044] 여기서, 탐지 기준 신호는 시간-주파수 영역 반사파 계측법을 기반으로 획득될 수 있다.
- [0046] 반사 신호 획득부(130)는 탐지 기준 신호 생성부(110)를 통해 생성한 탐지 기준 신호를 케이블에 주입하고, 반사되어 되돌아 오는 반사 신호를 획득할 수 있다.
- [0048] 이상 탐지부(150)는 인공지능을 활용하여 반사 신호 획득부(130)를 통해 획득한 반사 신호를 기반으로 케이블의 이상을 탐지할 수 있다.
- [0049] 즉, 이상 탐지부(150)는 변분 오토인코더(VAE) 기반의 케이블 이상 탐지 네트워크 모델에 반사 신호 획득부(130)를 통해 획득한 반사 신호를 입력하고, 케이블 이상 탐지 네트워크 모델을 통해 케이블에 대한 이상치 점수를 획득하며, 획득한 이상치 점수와 미리 설정된 임계값(예컨대, 임계값은 1로 정규화)을 대비하여 케이블의 이상을 탐지할 수 있다. 예컨대, 이상 탐지부(150)는 이상치 점수가 임계값인 '1'을 초과하는 경우 해당 케이블에 이상이 있는 것으로 판정할 수 있다.
- [0050] 이때, 이상 탐지부(150)는 이상치 점수와 임계값을 대비하여 케이블에서 이상이 발생된 위치와 정도를 탐지할 수 있다.
- [0051] 여기서, 케이블 이상 탐지 네트워크 모델은 도 3에 도시된 바와 같이, 데이터 윈도우링(data windowing) 층, 정규화(normalization) 층, 인코더(encoder) 층, 디코더(decoder) 층 및 스코어링(scoring) 층을 포함할 수 있다.
- [0052] 데이터 윈도우링 층은 시계열 데이터로 이루어지는 반사 신호를 미리 설정된 시간 폭의 크기로 윈도우링(windowing)하여 프레임 단위 데이터로 전처리할 수 있다. 여기서, 윈도우링은 프레임 단위의 데이터 입력을 통해 케이블의 이상치 탐지와 이상 지점 추정을 동시에 수행하기 위함이다.
- [0053] 정규화 층은 데이터 윈도우링 층을 통해 프레임 단위 데이터로 전처리된 반사 신호를 정규화(normalization)할 수 있다.
- [0054] 즉, 정규화 층은 도 4에 도시된 바와 같이, 프레임 단위 데이터로 전처리된 반사 신호가 입력되고, 탐지 기준 신호가 프레임에 포함된 비율인 목표 전압값( $W_k$ )을 프레임 단위로 출력하는 완전 연결 신경망(FCNN)을 포함할 수 있다.
- [0055] 예컨대, 프레임 내에 탐지 기준 신호가 온전히 포함될 경우의 목표 전압값은 '1'이 되고, 프레임 내에 탐지 기준 신호가 절반만 포함될 경우의 목표 전압값은 '0.5'가 되며, 프레임 내에 탐지 기준 신호가 없을 경우의 목표 전압값은 '0'이 될 수 있다.
- [0056] 정규화 층의 훈련 과정에서 사용되는 완전 연결 신경망(FCNN)의 훈련 타겟( $\hat{W}_k$ )은 아래 수식을 통해 결정된다.
- [0057]  $\hat{W}_k = C_k / TD$
- [0058] 여기서,  $C_k$ 는 k번째 프레임 내에 탐지 기준 신호가 포함된 시간을 나타낸다. TD는 탐지 기준 신호의 시간 폭을 나타낸다.
- [0059] 인코더 층은 시간-주파수 영역 반사파 계측법의 결과인 반사 신호가 시계열 데이터에 해당하므로 장단기 기억 메모리(long short-term memory, LSTM)와 완전 연결 신경망(fully connected neural network, FCNN)의 조합으로 이루어지고, 정규화 층을 통해 정규화된 반사 신호를 입력으로 하고, 잠재 공간(latent space)을 출력할 수 있다.
- [0060] 디코더 층은 시간-주파수 영역 반사파 계측법의 결과인 반사 신호가 시계열 데이터에 해당하므로 장단기 기억 메모리(LSTM)와 완전 연결 신경망(FCNN)의 조합으로 이루어지고, 인코더 층을 통해 출력되는 잠재 공간을 입력으로 할 수 있다.
- [0061] 스코어링 층은 디코더 층을 통해 출력되는 데이터를 입력으로 하고, 케이블에 대한 이상치 점수를 출력할 수 있다.
- [0062] 즉, 스코어링 층은 디코더 층을 통해 출력되는 데이터의 재구성 확률을 기반으로 케이블에 대한 이상치 점수를 획득하고, 획득한 이상치 점수를 출력할 수 있다.
- [0063] 보다 자세히 설명하면, 스코어링 층은 정상 상태에서의 로그 재구성 확률들의 전체 집합과 대상 프레임의 로그

재구축 확률을 기반으로 대상 프레임에 대한 점수를 획득하고, 획득한 점수를 정상 상태에서의 로그 재구축 확률들의 전체 집합을 이용하여 min-max 정규화하여 대상 프레임에 대한 이상치 점수를 획득할 수 있다.

[0064] 예컨대, 이상치 점수  $S(k)$ 는 디코더 층으로부터 출력되는 데이터의 재구축 확률을 기반으로 계산된다. 이상치 점수는 아래 수식과 같다.

$$[0065] S(k) = \max(R_n) - R(k) / \max(R_n) - \min(R_n)'$$

$$[0066] R(k) = \log(p_{\theta}(x_N(k)|z(k)))$$

[0067] 여기서,  $R_n$ 은 정상 상태에서 로그 재구축 확률들의 전체 집합을 나타낸다.  $R(k)$ 는  $k$ 번째 프레임의 로그 재구축 확률을 나타낸다. min-max 정규화를 통해 케이블 정상 상태에서는 최대 1의 이상치 점수를 가지게 되며, 고장이 발생할 경우 이상치 점수는 1 이상으로 상승하게 된다.

[0069] 도 5에 도시된 결과는 20m 케이블과 15m 케이블이 연결된 총 35m 정상 케이블을 대상으로 본 발명을 적용한 결과이다. 실험이 시작되고 20초가 지난 순간 20m 조인트 지점에 저항을 연결하여 고장을 발생시켰으며, 해당 고장은 10초간 유지되었다. 종래에 고장 판정을 위해 사용해왔던 시간-주파수 상호 상관 함수의 경우 도 5의 (c)에 도시된 바와 같이 해당 변화를 감지하지 못하였으나, 본 발명에서 제안하는 이상치 점수의 경우 도 5의 (b)에 도시된 바와 같이 저항이 부착되는 순간 1 이상으로 급등하며 해당 고장을 실시간으로 관찰할 수 있음을 확인하였다.

[0072] 그러면, 도 6을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 방법에 대하여 설명한다.

[0073] 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 인공지능을 활용한 반사파 계측법 기반 케이블 이상 탐지 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0074] 도 6을 참조하면, 케이블 이상 탐지 장치(100)는 시간-주파수 영역 반사파 계측법을 기반으로 탐지 기준 신호를 생성한다(S110).

[0075] 이때, 케이블 이상 탐지 장치(100)는 케이블의 물리적 특성과 전기적 특성을 기반으로 탐지 기준 신호를 생성할 수 있다.

[0077] 그런 다음, 케이블 이상 탐지 장치(100)는 탐지 기준 신호를 케이블에 주입하고, 반사되어 되돌아 오는 반사 신호를 획득한다(S120).

[0079] 그러면, 케이블 이상 탐지 장치(100)는 변분 오토인코더(VAE) 기반의 케이블 이상 탐지 네트워크 모델에 반사 신호를 입력한다(S130).

[0080] 여기서, 케이블 이상 탐지 네트워크 모델은 데이터 윈도우링(data windowing) 층, 정규화(normalization) 층, 인코더(encoder) 층, 디코더(decoder) 층 및 스코어링(scoring) 층을 포함할 수 있다.

[0082] 그런 다음, 케이블 이상 탐지 장치(100)는 케이블 이상 탐지 네트워크 모델을 통해 케이블에 대한 이상치 점수를 획득한다(S140).

[0084] 이후, 케이블 이상 탐지 장치(100)는 획득한 이상치 점수와 미리 설정된 임계값(예컨대, 임계값은 1로 정규화)을 대비하여 케이블의 이상을 탐지한다(S150).

[0085] 이때, 케이블 이상 탐지 장치(100)는 이상치 점수와 임계값을 대비하여 케이블에서 이상이 발생된 위치와 정도를 탐지할 수 있다.

#### [0088] 본 발명의 시장성 및 기대 효과

[0089] 전기 시스템의 복잡도가 상승함에 따라서 설비의 안정성과 관련된 수요는 점차 증가하고 있다. 케이블은 설비 간 연결을 통해 제어, 계측, 통신, 전력 공급 등의 기능을 담당하며, 배선 고장은 설비의 이상 동작으로 인한 화재, 인명 피해, 경제적 손실 등으로 이어질 수 있다.

[0090] 본 발명은 배선을 실시간으로 진단하여 이상 동작 및 위치를 빠르게 감지하는 기술로 배선이 포함된 모든 설비에 적용가능한 기술이다. 전력 시스템에서는 송전, 제어, 계측 케이블을 대상으로 사용될 수 있으며, 산업 시스템에서는 급속도로 발전하는 전기 자동차, 자동형 로봇 등의 배선을 실시간으로 감지하기 위해 사용

가능하다. 본 발명은 적용 대상 범위가 매우 광범위하여 시장성 및 기대 효과가 매우 높다고 판단된다.

[0093] 이상에서 설명한 본 발명의 실시예를 구성하는 모든 구성요소들이 하나로 결합하거나 결합하여 동작하는 것으로 기재되어 있다고 해서, 본 발명이 반드시 이러한 실시예에 한정되는 것은 아니다. 즉, 본 발명의 목적 범위 안에서라면, 그 모든 구성요소들이 하나 이상으로 선택적으로 결합하여 동작할 수도 있다. 또한, 그 모든 구성요소들이 각각 하나의 독립적인 하드웨어로 구현될 수 있지만, 각 구성요소들의 그 일부 또는 전부가 선택적으로 조합되어 하나 또는 복수개의 하드웨어에서 조합된 일부 또는 전부의 기능을 수행하는 프로그램 모듈을 갖는 컴퓨터 프로그램으로서 구현될 수도 있다. 또한, 이와 같은 컴퓨터 프로그램은 USB 메모리, CD 디스크, 플래시 메모리 등과 같은 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체(Computer Readable Media)에 저장되어 컴퓨터에 의하여 읽혀지고 실행됨으로써, 본 발명의 실시예를 구현할 수 있다. 컴퓨터 프로그램의 기록 매체로서는 자기기록매체, 광기록매체 등이 포함될 수 있다.

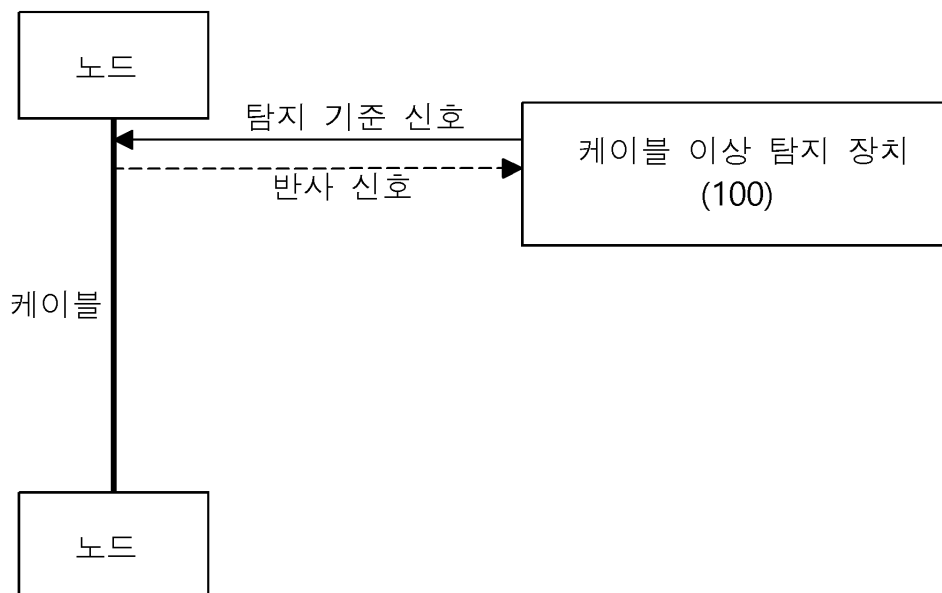
[0094] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 수정, 변경 및 치환이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예 및 첨부된 도면들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예 및 첨부된 도면에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

### 부호의 설명

[0095] 100 : 케이블 이상 탐지 장치,  
110 : 탐지 기준 신호 생성부,  
130 : 반사 신호 획득부,  
150 : 이상 탐지부

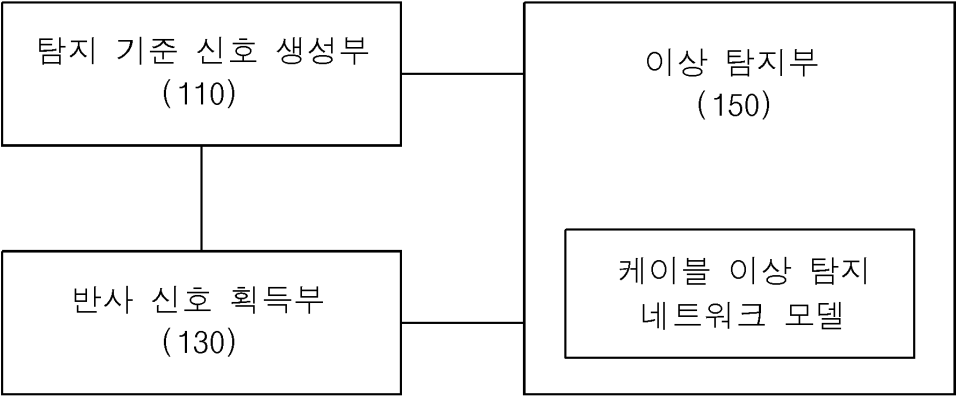
### 도면

#### 도면1

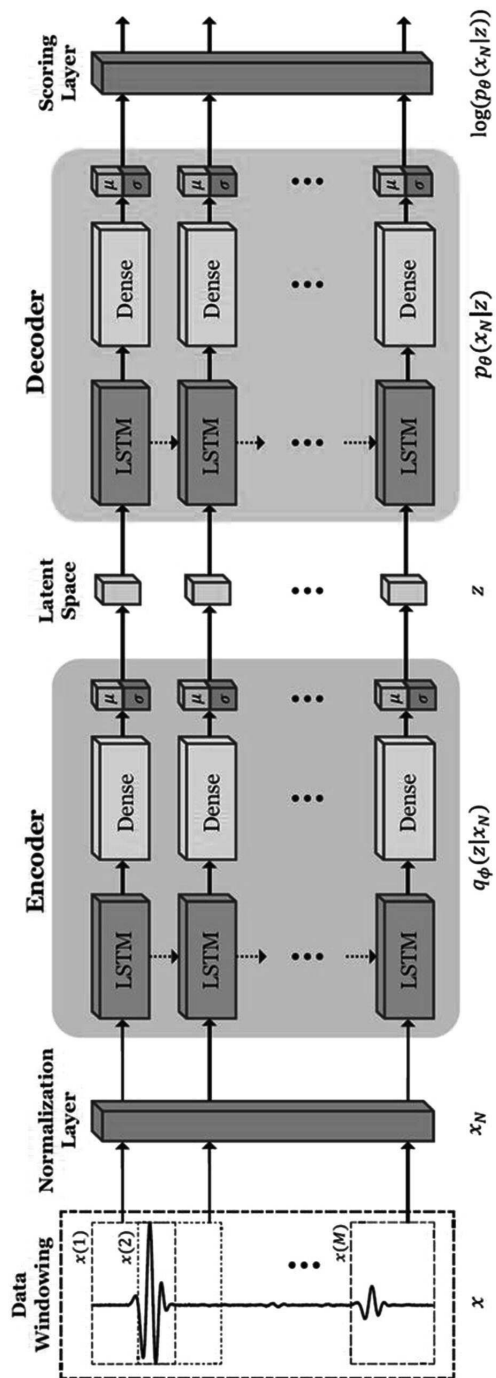


도면2

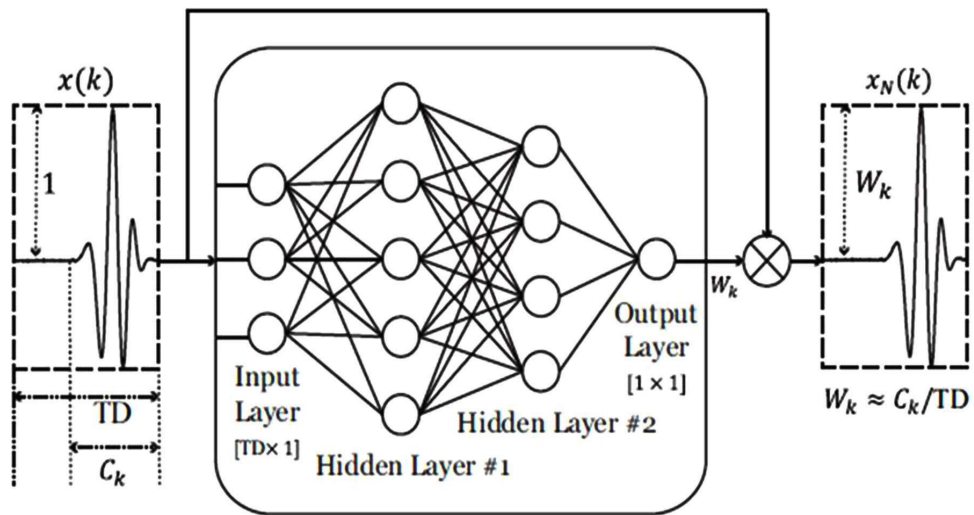
100



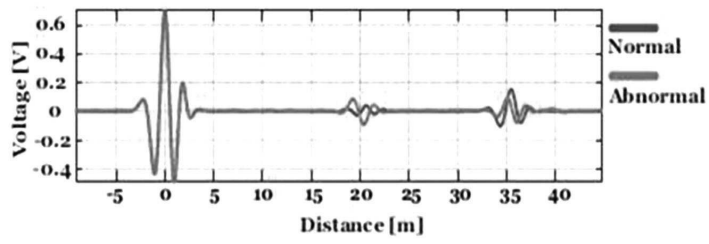
도면3



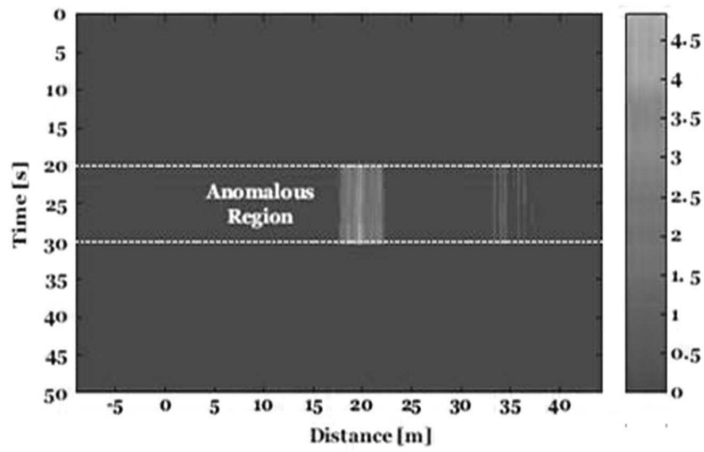
도면4



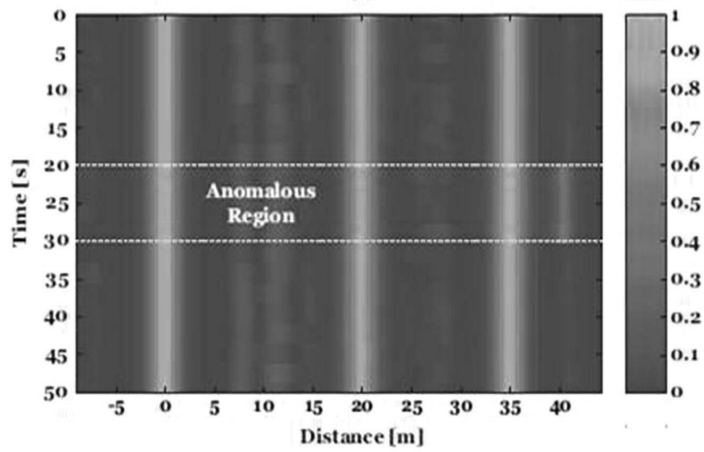
도면5



(a)



(b)



(c)



도면6

