



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0026522
(43) 공개일자 2025년02월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01R 31/11 (2006.01) G01R 23/02 (2006.01)
G01R 23/16 (2006.01) G01R 31/08 (2006.01)
H04B 3/46 (2015.01)

(52) CPC특허분류

G01R 31/11 (2013.01)
G01R 23/02 (2021.05)

(21) 출원번호 10-2023-0107536

(22) 출원일자 2023년08월17일

심사청구일자 2023년08월17일

(71) 출원인

국립한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)

(72) 발명자

장승진
서울특별시 서초구 잠원로14길 29, 신화 107호

성현모

대전광역시 유성구 덕명서로 2번길 19, 휴리움 306호

심연섭

대전광역시 유성구 월드컵대로253번안길 52, 403호 (구암동성하그린타운)

(74) 대리인

이은철, 이우영

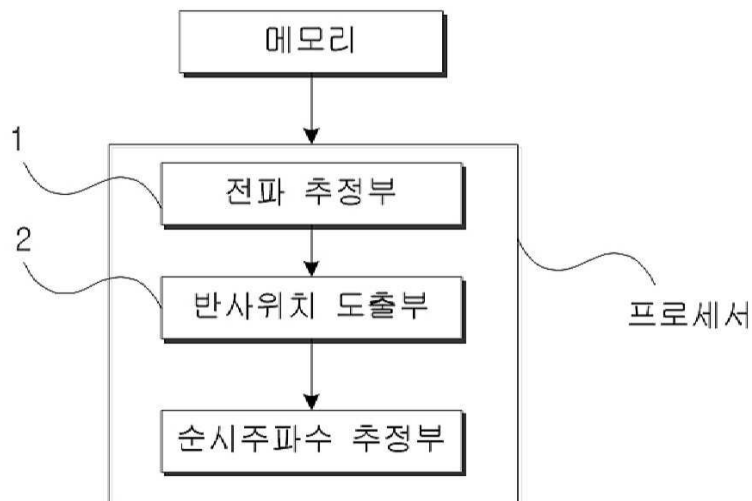
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 장거리 전파용 케이블 진단 시스템 및 방법

(57) 요약

본 기술은 장거리 전파용 케이블 진단 시스템 및 방법에 관한 것으로, 본 실시예의 구현 예에 따르면, 생성된 기준신호와 반사신호 각각의 시간 주파수 영역의 위그너 빌 분포에 따른 에너지 분포로 연산된 TFCC(Time Frequency Cross Correlation)을 통해 반사위치를 도출하고 반사위치에서의 반사신호를 정규화하여 복원하고 복원된 반사신호와 인가신호에 대한 시간 주파수 영역에서의 위그너 -빌 분포를 통해 인가신호와 복원된 반사신호의 순시 주파수를 추정하여 장거리 전파에 따른 신호의 감쇠 및 분산을 고려하여 장거리 전파의 케이블의 케이블의 고장점 및 케이블의 건전성을 추정할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01R 23/16 (2021.05)

G01R 31/083 (2013.01)

H04B 3/46 (2013.01)

H04B 2203/5495 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711190320
과제번호	2021R1A2C1095779
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	MTDC 전력망의 이상 징후 실시간 모니터링 시스템 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한밭대학교
연구기간	2021.09.01 ~ 2025.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

컴퓨터에서 판독가능한 명령을 저장하는 메모리; 및

상기 메모리에 저장된 명령을 실행하도록 구현되는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고,

상기 적어도 하나의 프로세서는,

가우시안 포락선 선형 첩신호로 기준신호를 생성하고 생성된 기준신호와 계측된 반사신호를 토대로 케이블의 전파상수, 주파수 증분, 및 처핑된 시간폭을 추정하여 반사신호를 추정하는 전파 추정부;

추정된 반사신호 및 기준신호에 대한 시간 주파수 상호상관함수를 통해 케이블의 반사위치를 탐지하는 반사위치 도출부; 및

상기 반사위치에서의 반사신호를 정규화하여 기준신호의 크기로 복원한 다음 복원된 반사신호와 기준신호 각각의 순시주파수를 출력하여 케이블의 고장점 및 건전성을 판단하는 순시주파수 추정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 장거리 전파용 케이블 진단 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 전파 추정부는,

상기 첩신호에 대한 분해능과 분확정성 원리를 고려하여 기준신호를 생성하는 기준신호 생성모듈;

상기 생성된 기준신호와 임의로 정해진 전파 거리에서의 계측된 반사신호에 대한 테일러 급수의 이계도함수로 케이블의 전파상수를 도출하는 전파상수 도출모듈;

상기 전파상수로 도출된 기준신호의 시간에 따른 주파수 증분을 도출하는 주파수 증분 도출모듈;

상기 주파수 증분 및 기준신호의 시간 폭을 기반으로 전파 거리의 변동에 따른 처핑된 시간폭을 도출하는 처핑 시간폭 도출모듈; 및

상기 전파 거리에 대한 처핑 시간폭, 주파수 증분, 및 케이블 상수가 반영하여 반사신호를 추정하는 반사신호 출력모듈을 포함하는 것을 특징으로 하는 장거리 전파용 케이블 진단 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 반사위치 도출부는,

상기 기준신호와 반사신호에 대해 위그너 빌 분포로 변환하여 에너지 분포를 도출하는 제1 위그너 빌 분포 변환 모듈; 및

상기 제1 위그너 빌 분포 변환모듈의 반사신호의 에너지 분포와 기준신호의 에너지 분포의 TFCC 함수를 토대로 기준신호와 유사도를 가지는 반사신호를 탐색하여 반사위치를 도출하는 반사위치 출력모듈을 포함하는 것을 특징으로 하는 장거리 전파용 케이블 진단 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 순시주파수 추정부는,

상기 도출된 반사위치에서의 반사신호를 정규화를 수행하여 반사신호를 기준신호의 크기와 매칭되도록 복원하는 반사신호 복원모듈;

상기 복원된 반사신호와 기준신호 각각에 대해 위그너 빌 분포로 변환하여 각각의 에너지 분포를 도출하는 제2 위그너 빌 분포 변환모듈;

상기 기준신호 및 반사신호의 에너지 분포의 피크점에 대한 선형 최소제곱(LLS: Linear Least Square)로 기준신

호 및 반사신호의 비용함수를 생성하는 비용함수 생성모듈; 및

생성된 기준신호 및 반사신호의 비용함수의 가중치에 대한 미분이 0이되는 가장치로 기준신호 및 반사신호 각각의 순시주파수를 추정하는 순시주파수 연산모듈을 포함하는 것을 특징으로 하는 장거리 전파용 케이블 진단 방법.

청구항 5

제1항의 장거리 전파용 케이블 진단 방법에서 수행되는 장거리 전파용 케이블 진단 방법에 있어서,

장거리 전파용 케이블 진단 시스템이 포함하는 적어도 하나의 프로세서는,

가우시안 포락선 선형 첩신호로 기준신호를 생성하고 생성된 기준신호와 계측된 반사신호를 토대로 케이블의 전파상수, 주파수 증분, 및 측정된 시간폭을 추정하여 반사신호를 추정하는 전파 추정 단계;

추정된 반사신호 및 기준신호에 대한 시간 주파수 상호상관함수를 통해 케이블의 반사위치를 탐지하는 반사위치 도출 단계; 및

상기 반사위치에서의 반사신호를 정규화하여 기준신호의 크기로 복원한 다음 복원된 반사신호와 기준신호 각각의 순시주파수를 출력하여 케이블의 고장점 및 건전성을 판단하는 순시주파수 추정 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 장거리 전파용 케이블 진단 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 전파 추정 단계는,

상기 첩신호에 대한 분해능과 분확정성 원리를 고려하여 기준신호를 생성하는 단계;

상기 생성된 기준신호와 임의로 정해진 전파 거리에서의 계측된 반사신호에 대한 테일러 급수의 이계도함수로 케이블의 전파상수를 도출하는 단계;

상기 전파상수로 도출된 기준신호의 시간에 따른 주파수 증분을 도출하는 단계;

상기 주파수 증분 및 기준신호의 시간 폭을 기반으로 전파 거리의 변동에 따른 측정된 시간폭을 도출하는 단계; 및

상기 전파 거리에 대한 측정 시간폭, 주파수 증분, 및 케이블 상수가 반영하여 반사신호를 추정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 장거리 전파용 케이블 진단 방법.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 반사위치 도출 단계는,

상기 기준신호와 반사신호에 대해 위그너 빌 분포로 변환하여 에너지 분포를 도출하는 단계;

상기 제1 위그너 빌 분포 변환모듈의 반사신호의 에너지 분포와 기준신호의 에너지 분포의 TFCC 함수를 토대로 기준신호와 유사도를 가지는 반사신호를 탐색하여 반사위치를 도출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 장거리 전파용 케이블 진단 방법.

청구항 8

제5항에 있어서, 상기 순시주파수 추정 단계는,

상기 도출된 반사위치에서의 반사신호를 정규화를 수행하여 반사신호를 기준신호의 크기와 매칭되도록 복원하는 단계;

상기 복원된 반사신호와 기준신호 각각에 대해 위그너 빌 분포로 변환하여 각각의 에너지 분포를 도출하는 단계;

상기 기준신호 및 반사신호의 에너지 분포의 피크점에 대한 선형 최소제곱(LLS: Linear Least Square)로 기준신호 및 반사신호의 비용함수를 생성하는 단계; 및

생성된 기준신호 및 반사신호의 비용함수의 가중치에 대한 미분이 0이되는 가장치로 기준신호 및 반사신호 각각

의 순시주파수를 추정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 장거리 전파용 케이블 진단 방법.

청구항 9

제5항 내지 제8항 중 어느 한 항의 발전기의 운영 방법을 컴퓨터에 실행시키기 위한 프로그램이 기록된 것을 특징으로 하는 컴퓨터에서 판독가능한 기록매체.

청구항 10

컴퓨터와 결합되어 장거리 전파용 케이블 진단 방법을 컴퓨터에 실행시키기 위해 컴퓨터에서 판독가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램에 있어서,

상기 장거리 전파용 케이블 진단 방법은,

가우시안 포락선 선형 첩신호로 기준신호를 생성하고 생성된 기준신호와 측정한 반사신호를 토대로 케이블의 전파상수, 주파수 증분, 및 측정된 시간폭을 추정하여 반사신호를 추정하는 전파 추정 단계;

추정된 반사신호 및 기준신호에 대한 시간 주파수 상호상관함수를 통해 케이블의 반사위치를 탐지하는 반사위치 도출 단계; 및

상기 반사위치에서의 반사신호를 정규화하여 기준신호의 크기로 복원한 다음 복원된 반사신호와 기준신호 각각의 순시주파수를 출력하여 케이블의 고장점 및 건전성을 판단하는 순시주파수 추정 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 장거리 전파용 케이블 진단 시스템의 운영 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 장거리 전파용 케이블 진단 시스템 및 방법에 관한 것으로, 더욱 자세하게는 전파 거리에 따라 증가하는 반사신호의 감쇠 및 분산을 고려하여 주파수와 전파 거리에 따른 반사신호의 위그너 빌 분포를 통해 반사위치를 도출하고, 도출된 반사위치에서의 시간 주파수 영역에서의 순시 주파수를 도출하여 케이블의 고장점 및 건전성을 도출할 수 있도록 한 기술에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 통상의 전력 시스템을 관리하기 위해 케이블 고장점 탐지 및 노화 등의 케이블의 건전성 측정에 대한 개발이 필요하다.
- [0003] 이에 고장점 탐지에 새롭게 도입되고 있는 반사파 측정법은 임피던스 불일치 지점에서 반사된 반사신호와 인가신호를 분석하여 고장점을 탐지하는 기술이다. 반사파 측정법은 PLC(Programmable Logic Control) 통신용으로 개발된 비접촉식 커플러를 이용하여 활성 상태의 진단이 가능하며 인가한 신호에 따라 크게 시간 영역, 주파수 영역, 시간-주파수 영역의 반사파 측정법으로 분류할 수 있다.
- [0004] 이러한 고장점 탐지에 설계되는 기준신호는 다양한 주파수가 포함된 신호이기 때문에 주파수에 따른 전파속도의 차이가 발생한다. 또한 전파거리가 증가할수록 기준신호는 주파수에 의존한 감쇠로 주파수 성분들의 전파속도가 달라지며, 감쇠가 일어나는 분산이 발생한다.
- [0005] 또한, 전파 신호의 주파수 별 성분이 전파 거리에 따라 왜곡이 발생하게 되면 결합에서 생성된 반사신호와 인가신호의 TFCC(Time Frequency Cross Correlation) 값이 감소되어 인가 신호와 유사성이 떨어지고 장거리 선로에서 고장점 탐지의 성능이 저하된다.
- [0006] 이에 본 출원인은 전파 거리에 따라 증가하는 기준신호의 감쇠 및 분산을 고려하여, 기준신호 및 반사신호의 위그너-빌 분포를 통해 시간-주파수 영역에서 순시 주파수와 반사위치를 도출함에 따라 케이블의 고장점을 도출하고 도출된 케이블의 고장점에서의 기준신호 및 반사신호의 순시 주파수를 토대로 케이블의 건전성을 분석하는 방안을 제안한다.
- [0007] 한편, 전술한 배경기술은 발명자가 본 발명의 도출을 위해 보유하고 있었거나, 본 발명의 도출 과정에서 습득한 기술 정보로서, 반드시 본 발명의 출원 전에 일반 공중에게 공개된 공지기술이라 할 수는 없다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2022-0042952호(공개일: 2022.04.05)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 생성된 인가신호와 반사신호 각각의 시간 주파수 영역의 위그너 빌 분포에 따른 에너지 분포로 연산된 TFCC(Time Frequency Cross Correlation)을 통해 반사위치를 도출하고 반사위치에서의 반사신호를 정규화하여 복원하고 복원된 반사신호와 인가신호에 대한 시간 주파수 영역에서의 위그너-빌 분포를 통해 인가신호와 복원된 반사신호의 순시 주파수를 추정하여 케이블의 고장점 및 케이블의 건전성을 추정할 수 있는 장거리 전파용 케이블 진단 시스템 및 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0010] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있으며, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 알게 될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 청구범위에 나타난 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명의 일 실시 양태에 의거, 일 실시 예에 따른 장거리 전파용 케이블 진단 시스템은,
- [0012] 컴퓨터에서 판독가능한 명령을 저장하는 메모리; 및
- [0013] 상기 메모리에 저장된 명령을 실행하도록 구현되는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고,
- [0014] 상기 적어도 하나의 프로세서는,
- [0015] 가우시안 포락선 선형 첩신호로 기준신호를 생성하고 생성된 기준신호와 계측된 반사신호를 토대로 케이블의 전파상수, 주파수 증분, 및 처핑된 시간폭을 추정하여 반사신호를 추정하는 신호 추정부;
- [0016] 추정된 반사신호 및 기준신호에 대한 시간 주파수 상호상관함수를 통해 케이블의 반사위치를 탐지하는 반사위치 도출부; 및
- [0017] 상기 반사위치에서의 반사신호를 정규화하여 기준신호의 크기로 복원한 다음 복원된 반사신호와 기준신호 각각의 순시주파수를 출력하여 케이블의 고장점 및 건전성을 판단하는 순시주파수 추정부를 포함하는 것을 일 특징으로 한다.
- [0018] 바람직하게 상기 신호 추정부는,
- [0019] 상기 첩신호에 대한 분해능과 불확정성 원리를 고려하여 기준신호를 생성하는 기준신호 생성모듈;
- [0020] 상기 생성된 기준신호와 임의로 정해진 전파 거리에서의 계측된 반사신호에 대한 테일러 급수의 이계도함수로 케이블의 전파상수를 도출하는 전파상수 도출모듈;
- [0021] 상기 전파상수로 도출된 기준신호의 시간에 따른 주파수 증분을 도출하는 주파수 증분 도출모듈;
- [0022] 상기 주파수 증분 및 기준신호의 시간 폭을 기반으로 전파 거리의 변동에 따른 처핑된 시간폭을 도출하는 처핑 시간폭 도출모듈; 및
- [0023] 상기 전파 거리에 대한 처핑 시간폭, 주파수 증분, 및 케이블 상수가 반영하여 반사신호를 추정하는 반사신호 출력모듈을 포함할 수 있다.
- [0024] 바람직하게 상기 반사위치 도출부는,
- [0025] 상기 기준신호와 반사신호에 대해 위그너 빌 분포로 변환하여 에너지 분포를 도출하는 제1 위그너 빌 분포 변환모듈;
- [0026] 상기 제1 위그너 빌 분포 변환모듈의 반사신호의 에너지 분포와 기준신호의 에너지 분포의 TFCC 함수를 토대로

기준신호와 유사도를 가지는 반사신호를 탐색하여 반사위치를 도출하는 반사위치 출력모듈을 포함할 수 있다.

- [0027] 바람직하게 상기 순시주파수 추정부는,
- [0028] 상기 도출된 반사위치에서의 반사신호를 정규화를 수행하여 반사신호를 기준신호의 크기와 매칭되도록 복원하는 반사신호 복원모듈;
- [0029] 상기 복원된 반사신호와 기준신호 각각에 대해 위그너 빌 분포로 변환하여 각각의 에너지 분포를 도출하는 제2 위그너 빌 분포 변환모듈;
- [0030] 상기 기준신호 및 반사신호의 에너지 분포의 피크점에 대한 선형 최소제곱(LLS: Linear Least Square)로 기준신호 및 반사신호의 비용함수를 생성하는 비용함수 생성모듈; 및
- [0031] 생성된 기준신호 및 반사신호의 비용함수의 가중치에 대한 미분이 0이되는 가장치로 기준신호 및 반사신호 각각의 순시주파수를 추정하는 순시주파수 연산모듈을 포함할 수 있다.
- [0032] 본 발명의 다른 실시예 양태에 의거한, 장거리 전파용 케이블 진단 방법은,
- [0033] 가우시안 포락선 선형 첩신호로 기준신호를 생성하고 생성된 기준신호와 계측된 반사신호를 토대로 케이블의 전파상수, 주파수 증분, 및 측정된 시간폭을 추정하여 반사신호를 추정하는 전파 추정 단계;
- [0034] 추정된 반사신호 및 기준신호에 대한 시간 주파수 상호상관함수를 통해 케이블의 반사위치를 탐지하는 반사위치 도출 단계; 및
- [0035] 상기 반사위치에서의 반사신호를 정규화하여 기준신호의 크기로 복원한 다음 복원된 반사신호와 기준신호 각각의 순시주파수를 출력하여 케이블의 고장점 및 건전성을 판단하는 순시주파수 추정 단계를 포함하는 것을 일 특징으로 한다.
- [0036] 바람직하게 상기 전파 추정 단계는,
- [0037] 상기 첩신호에 대한 분해능과 분확정성 원리를 고려하여 기준신호를 생성하는 단계;
- [0038] 상기 생성된 기준신호와 임의로 정해진 전파 거리에서의 계측된 반사신호에 대한 테일러 급수의 이계도함수로 케이블의 전파상수를 도출하는 단계;
- [0039] 상기 전파상수로 도출된 기준신호의 시간에 따른 주파수 증분을 도출하는 단계;
- [0040] 상기 주파수 증분 및 기준신호의 시간 폭을 기반으로 전파 거리의 변동에 따른 측정된 시간폭을 도출하는 단계; 및
- [0041] 상기 전파 거리에 대한 측정 시간폭, 주파수 증분, 및 케이블 상수가 반영하여 반사신호를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0042] 바람직하게 상기 반사위치 도출 단계는,
- [0043] 상기 기준신호와 반사신호에 대해 위그너 빌 분포로 변환하여 에너지 분포를 도출하는 단계;
- [0044] 상기 제1 위그너 빌 분포 변환모듈의 반사신호의 에너지 분포와 기준신호의 에너지 분포의 TFCC 함수를 토대로 기준신호와 유사도를 가지는 반사신호를 탐색하여 반사위치를 도출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0045] 바람직하게 상기 순시주파수 추정 단계는,
- [0046] 상기 도출된 반사위치에서의 반사신호를 정규화를 수행하여 반사신호를 기준신호의 크기와 매칭되도록 복원하는 단계;
- [0047] 상기 복원된 반사신호와 기준신호 각각에 대해 위그너 빌 분포로 변환하여 각각의 에너지 분포를 도출하는 단계;
- [0048] 상기 기준신호 및 반사신호의 에너지 분포의 피크점에 대한 선형 최소제곱(LLS: Linear Least Square)로 기준신호 및 반사신호의 비용함수를 생성하는 단계; 및
- [0049] 생성된 기준신호 및 반사신호의 비용함수의 가중치에 대한 미분이 0이되는 가장치로 기준신호 및 반사신호 각각의 순시주파수를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0050] 이러한 특징에 따르면, 생성된 기준신호와 반사신호 각각의 시간 주파수 영역의 위그너 빌 분포에 따른 에너지 분포로 연산된 TFCC(Time Frequency Cross Correlation)을 통해 반사위치를 도출하고 반사위치에서의 반사신호를 정규화하여 복원하고 복원된 반사신호와 인가신호에 대한 시간 주파수 영역에서의 위그너 -빌 분포를 통해 인가신호와 복원된 반사신호의 순시 주파수를 추정하여 장거리 전파에 따른 신호의 감쇠 및 분산을 고려하여 장거리 전파의 케이블의 케이블의 고장점 및 케이블의 건전성을 추정할 수 있다.
- [0051] 또한 본 발명에 따르면, 경량의 디바이스에 의거 최적의 케이블 진단 시스템을 선정함에 따라 케이블 진단 시스템의 범용성을 향상시킬 수 있다.
- [0052] 또한, 본 발명은 프로그램 또는 스마트폰의 애플리케이션으로 구현될 수 있다. 따라서 프로그램 또는 애플리케이션과 연동될 수 있는 케이블 진단 디바이스라면 해당 디바이스에 제한없이 다양한 장치에 적용 가능하여 적용될 수 있는 범위가 넓다.

도면의 간단한 설명

- [0053] 본 명세서에서 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시 예를 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 실시예의 장거리 전파용 케이블 진단 시스템의 구성도이다.
- 도 2는 도 1의 전파 추정부의 세부 구성도이다.
- 도 3은 도 1의 반사위치 도출부의 세부 구성도이다.
- 도 4는 도 3의 분사위치 도출부의 각 부의 출력 파형도이다.
- 도 5는 도 1의 순시주파수 추정부의 세부 구성도이다.
- 도 6은 다른 실시예의 장거리 전파용 케이블 진단 과정의 전체 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0054] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0055] 이하에서의 실시예는 생성된 인가신호와 반사신호 각각의 시간 주파수 영역의 위그너-빌 분포에 따른 에너지 분포로 연산된 TFCC(Time Frequency Cross Correlation)을 통해 반사위치를 도출하고 반사위치에서의 반사신호를 정규화하여 복원하고 복원된 반사신호와 인가신호에 대한 시간 주파수 영역에서의 위그너 -빌 분포를 통해 인가신호와 복원된 반사신호의 순시주파수를 추정하여 장거리 전파에 따른 신호의 감쇠 및 분산을 고려하여 장거리 전파의 케이블의 케이블의 고장점 및 케이블의 건전성을 추정하는 구성에 대해 구체적으로 설명한다.
- [0056] 도 1은 일 실시예의 장거리 전파용 케이블 진단 시스템의 구성도이고, 도 2는 도 1의 전파 추정부의 세부 구성도이며, 도 3은 도 1의 반사위치 도출부의 세부 구성도이고, 도 4는 도 3의 분사위치 도출부의 각 부의 출력 파형도이며, 도 5는 도 1의 순시주파수 추정부의 세부 구성도이다.
- [0057] 도 1 내지 도 5를 참조하면, 일 실시예의 생성된 인가신호와 반사신호 각각의 시간 주파수 영역의 위그너 빌 분포에 따른 에너지 분포로 연산된 TFCC(Time Frequency Cross Correlation)을 통해 반사위치를 도출하고 반사위치에서의 반사신호를 정규화하여 복원하고 복원된 반사신호와 인가신호에 대한 시간 주파수 영역에서의 위그너 -빌 분포를 통해 인가신호와 복원된 반사신호의 순시 주파수를 추정하여 장거리 전파에 따른 신호의 감쇠 및 분산을 고려하여 장거리 전파의 케이블의 케이블의 고장점 및 케이블의 건전성을 추정하는 구성을 갖추며, 이에 시스템은 전파 생성부(1), 반사위치 도출부(2), 및 순시주파수 추정부(3)를 포함할 수 있다.
- [0058] 전파 생성부(1)는 가우시안 포락선 선형 첩신호의 나이퀴스트 이론 및 불확정성 이론을 고려하여 기준신호를 생

성하여 케이블로 전파하고 전파 거리 z 에서의 반사신호를 추정하는 구성을 갖추며, 이에 전파 생성부(1)는 기준 신호 생성모듈(11), 반사신호 계측모듈(12), 전파상수 도출모듈(13), 주파수 증분 도출모듈(14), 시간폭 도출모듈(15), 및 반사신호 출력모듈(16)을 포함할 수 있다.

[0059] 기준신호 생성모듈(11)은 시간에 따라 주파수가 선형적으로 증가하는 가우신 포락선 선형 첩신호 $s(t)$ 와 기 정해진 주파수 대역(BW: Bandwidth) w_0 , 시간폭(TD: Time Duration) τ_0 , 중심 주파수 f_0 , 및 중심 시간 t_0 으로 기 준신호 $s(t)$ 를 생성하고 생성된 기준신호 $s(t)$ 는 하기 식 1로 나타낼 수 있다.

[0060] [식 1]

$$s(t) = e^{-\frac{A(t-t_0)^2}{2} + \frac{jB(t-t_0)^2}{2} + jw_0(t-t_0)}$$

$$(A = \frac{1}{2\tau_0^2}, B = \sqrt{(2\pi BW)^2 2A - A^2}, w_0 = 2\pi f_0)$$

[0061]

[0062] τ_0 는 신호대 잡음 비에 비례한다.

[0063] 여기서, 도출된 기준신호 $s(t)$ 는 나이퀴스트 이론과 불확정성 원리를 고려하여 설계되며, 나이퀴스트 이론은 하 기 식 2로 나타낼 수 있다.

[0064] [식 2]

$$\Delta R = \frac{v_p}{2BW}$$

[0065]

[0066] 그리고 불확정성 이론은 하기 식 3으로 나타낼 수 있다.

[0067] [식 3]

$$TB = \frac{2\pi \cdot \frac{BW}{\sqrt{2}}}{6} \cdot \frac{\frac{TD}{\sqrt{2}}}{6} \geq 0.5$$

[0068]

[0069] 생성된 기준신호 $s(t)$ 는 케이블에 인가된다.

[0070] 한편, 반사신호 계측모듈(12)는 전파 거리 z 에서의 시간 주파수 영역에서의 반사신호 $S(z, w)$, $s(z, t)$ 를 계측하 고 계측된 시간 주파수 영역에서의 반사신호 $S(z, w)$, $s(z, t)$ 는 하기 식 4 및 식 5로 나타낼 수 있다.

[0071] [식 4]

$$S(z, w) = e^{-jk(w)z} S(0, w)$$

[0072]

[0073] [식 5]

$$s(z, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{j(wt - k(w)z)} S(0, w) dw$$

[0074]

[0075] 즉, 식 4의 주파수 영역의 반사신호는 푸리에 역변환되어 시간 영역의 반사신호가 도출할 수 있다.

[0076] 전파상수 도출모듈(13)은 전파 매질에 따른 전파상수 k 를 도출하며 이때 전파상수 k 는 위상 상수의 실수부 β 와 감쇠 상수의 허수부 α 로 구성되고, 기준신호의 주파수 대역폭 w_0 에 대해 기준신호의 테일러 급수의 이계도함수,

즉, $\ddot{k}_0 = \ddot{\beta}_0 - j\ddot{\alpha}_0$ 로 확장하여 추정할 수 있다. 이때 시간 영역의 반사신호 $s(z, t)$ 는 하기 식 6으로 나타낼 수 있다.

[0077] [식 6]

$$s(z, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{jw(t - k'_0 z) - j\ddot{k}_0 z w / 2} S(0, w) dw$$

[0078]

[0079] 주파수 증분 도출모듈(14)는 전파상수 k 의 이계도함수에 따라 반사신호의 시간에 따른 주파수 증분 $\dot{\omega}_0$ 을 도출하고 도출된 시간에 따른 반사신호의 주파수 증분 $\dot{\omega}_0$ 은 하기 식 7로 나타낼 수 있다.

[0080] [식 7]

$$\dot{\omega}_0 = \frac{\ddot{\beta}_0 z}{(\tau_0^2 + \alpha_0)^2 + (\beta_0 z)^2}$$

[0082] 한편 시간폭 도출모듈(15)은 전파 거리가 증가함에 따라 변동하는 기준신호의 시간폭 τ_0 에 대해 변조하여 처핑된 시간폭 τ_{chirp} 을 도출하고, 시간폭에 영향을 맞으므로 처핑된 시간폭 τ_{chirp}^2 은 하기 식 8로 나타낼 수 있다.

[0083] [식 8]

$$\tau_{chirp}^2 = \frac{\tau_0^2 (1 + j\dot{\omega}_0 \tau_0^2)}{1 + j\dot{\omega}_0 \tau_0^2}$$

[0085] 그리고 반사신호 출력모듈(16)은 전파 거리 z 에서의 시간 주파수 영역의 계측된 반사신호에 주파수 증분 $\dot{\omega}_0$ 과 처핑된 시간폭 τ_{chirp}^2 을 반영하여 시간 주파수 영역의 반사신호를 반사위치 도출부(2)로 제공하고, 이때 시간 주파수 영역의 반사신호는 하기 식 9 및 10으로 각각 도출될 수 있다.

[0086] [식 9]

$$S(z, \omega) = \sqrt{2\pi \tau_{chirp}^2} e^{-jk_0 z} e^{-(\tau_{chirp}^2 + jk_0 z)\omega^2/2}$$

[0088] [식 10]

$$S(z, t) = \sqrt{\frac{\tau_{chirp}^2}{\tau_{chirp}^2 + jk_0 z}} \exp\left[-\frac{(t - k_0 z)^2}{2(\tau_{chirp}^2 + jk_0 z)}\right]$$

[0090] 이러한 도출된 기준신호 및 반사신호는 반사위치 도출부(2)로 제공된다.

[0091] 도 3을 참조하면, 반사위치 도출부(2)는 기준신호 및 반사신호에 각각에 대한 위그너 빌 분포로 변환하여 반사위치를 도출하는 구성을 갖추며, 이에 반사위치 도출부(2)는 제1 위그너 빌 분포 변환모듈(21) 및 반사위치 출력모듈(22)을 포함할 수 있다.

[0092] 제1 위그너 빌 분포 변환모듈(21)은 수신된 기준신호 및 반사신호를 위그너 빌 분포 변환을 수행하여 에너지 분포 $W_s(t, \omega)$ 를 출력한다. 이때 에너지 분포 $W_s(t, \omega)$ 는 하기 식 11로 나타낼 수 있다.

[0093] [식 11]

$$W_s(t, \omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} s(t + \frac{1}{2}\tau) s^*(t - \frac{1}{2}\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau$$

[0095] 일 례로 도 4를 참조하면, (a)에 도시된 기준신호와 (b)에 도시된 반사신호 각각에 대해 위그너 빌 분포 변환을 통해 출력된 에너지 분포((c)에 도시됨)를 참조하면, 전파 거리가 증가할수록 반사신호의 크기가 작아지는 것을 확인할 수 있다.

[0096] 반사위치 출력모듈(22)은, 반사신호의 에너지 분포에서 도출된 기준신호와 반사신호 각각의 에너지 $E_s(t)$, $E_r(t)$ 와 에너지 분포도 $W_s(t, \omega)$ 로 기준신호와 반사신호 간의 상호상관함수(TFCC: Time Frequency Cross Correlation)를 도출하고 도출된 기준신호와 반사신호 간의 상호상관함수로 반사위치를 도출한다. 이때 TFCC는 하기 식 12 내지 식 14로 나타낼 수 있다.

[0097] [식 12]

$$C_{sr}(t) = \frac{1}{E_s E_r(t)} \iint W_r(t', w) W_s(t' - t, w) dx dt'$$

[0098]

[0099] [식 13]

$$E_r(t) = \iint W_r(t', w) dx dt'$$

[0100]

[0101] [식 14]

$$E_s(t) = \iint W_s(t, w) dx dt$$

[0102]

[0103] 여기서, TFCC는 반사신호의 크기와 무관하게 0과 1 사이의 유사도를 가진다.

[0104] 반사위치 출력모듈(22)의 반사신호의 반사위치는 순시주파수 추정부(3)로 제공된다.

[0105] 순시주파수 추정부(3)는 도출된 반사위치에서의 반사신호를 정규화하여 기준신호와 동일한 0과 1 사이의 값으로 복원하고, 복원된 반사신호와 기준신호에 대한 위그너 빌 에너지의 피크점에 대한 선형 최소제곱법으로 비용함수를 생성하고 도출된 비용함수에 대한 가중치로 미분하여 0이 되는 가중치를 도출하며 도출된 가중치를 가지는 1차 선형함수로 순시주파수를 추정하는 구성을 갖추며, 이에 도 5를 참조하면 순시주파수 추정부(3)는, 반사신호 복원모듈(31), 제2 위그너 빌 분포 변환모듈(32) 및 비용함수 추정모듈(33), 및 순시주파수 연산모듈(34)를 포함할 수 있다.

[0106] 반사신호 복원모듈(31)은 도출된 반사위치에서의 반사신호를 정규화하여 기준신호와 동일한 0과 1 사이의 값으로 복원한다. 이때 복원된 반사신호는 하기 식 15로 정규화된다.

[0107] [식 15]

$$x_{normal} = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

[0108]

[0109] 제2 위그너 빌 분포 변환모듈(32)은, 복원된 반사신호와 기준신호 각각에 대한 위그너 빌 분포 변환을 수행하여 에너지 분포를 도출한다. 도출된 에너지 분포는 비용함수 도출모듈(33)로 제공된다.

[0110] 비용함수 도출모듈(33)은 도출된 위그너 빌 분포의 피크점에 대한 선형 최소제곱법(LLS: Least Squares Estimation)으로 비용함수 J를 생성하며, 생성된 비용함수 J는 하기 식 16 내지 17으로 나타낼 수 있다.

[0111] [식 16]

$$J = \sum_{i=1}^m (y_i - x_i^T w)^2 = (Y - Xw)^T (Y - Xw)$$

[0112]

[0113] [식 17]

$$Y = Xw, \quad Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} x_1 & 1 \\ x_2 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ x_n & 1 \end{bmatrix}, \quad w = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

[0114]

[0115] 여기서, Y는 위그너빌 분포의 제일 큰 값들을 요소로 하는 시간 주파수 영역의 주파수이고, X는 시간 영역의 입력 벡터의 값들과 크기가 n이고 모든 요소가 1인 열벡터이며, w는 가중치 벡터로 y=ax+b 1차 함수로 추정된 순시주파수의 기울기와 y 절편을 나타낸다.

[0116] 생성된 비용함수 J는 순시주파수 연산모듈(34)로 전달되며, 순시주파수 연산모듈(34)는 비용함수를 가중치로 미분하여 0이 되는 가중치 w를 연산하며 연산된 가중치 w는 하기 식 18 및 식 19로 나타낼 수 있다.

[0117] [식 18]

$$\frac{\partial J}{\partial w} = 2X^T Xw - X^T Y = 0$$

[0119] [식 19]

$$w = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

[0121] 그리고 연산된 가중치 w 와 1차 함수로 추정된 순시주파수 $y=ax+b$ 에 의거 순시주파수 y 가 출력될 수 있다.

[0122] 이러한 순시주파수는 추정된 순시 주파수에 의거 각 기준신호 및 반사신호 각각의 시간에 대한 변화 특성을 도출함에 따라, 장거리 전파용 케이블의 고장점 및 케이블의 건전성을 추정할 수 있다.

[0123] 도 6은 도 1의 장거리 전파용 케이블의 진단 과정을 보인 전체 흐름도로서, 도 6을 참조하여 본 발명의 다른 실시 예에 따른 장거리 전파용 케이블 진단 과정을 설명한다.

[0124] 우선 단계(S101 ~ S104)에 의거, 일 실시예의 전파 추정부(1)는 가우시안 포물선 선형 칩신호, 기 정해진 주파수 대역폭, 시간폭, 및 중심주파수 및 중심 시간을 토대로 기준신호를 생성하여 케이블로 전파하고 전파 거리 z 에서의 반사신호를 계측하고 계측된 반사신호와 기준신호에 대한 테일러 급수의 이계도함수로 도출된 전파상수, 주파수 증분 및 처평된 시간폭을 도출하며 도출된 전파상수, 주파수 증분, 및 처평된 시간폭이 반영된 반사신호를 출력한다.

[0125] 그리고 단계(S201 및 S202)에 의거, 일 실시예의 반사위치 도출부(2)는 반사신호 및 기준신호에 대한 위그너 빌 분포 변환으로 에너지 분포를 도출하고 도출된 에너지 분포에 대한 기준신호와 반사신호 간의 상호 상관함수 TFCC를 도출하며 도출된 TFCC의 해로 반사위치를 도출한다.

[0126] 그리고 단계(S301 ~ S304)에 의거 일 실시예의 순시주파수 추정부(3)는 도출된 반사위치에서 계측된 반사신호를 정규화하여 기준신호의 크기와 동일한 0과 1 사이의 값으로 복원한 다음 복원된 반사신호와 기준신호에 대한 위그너 빌 분포 변환으로 에너지 분포를 도출하고 도출된 에너지 분포의 피크점에 대한 선형 최소제곱법으로 비용함수를 도출하며 도출된 비용함수를 가중치로 미분하여 0이 되는 가중치로 1차 함수의 순시 주파수를 출력한다.

[0127] 이에 일 실시예는 기준신호와 반사신호 각각의 순시주파수로 추정되는 시간 변동에 대한 특성 변화를 토대로 장거리 전파에 따른 신호의 감쇠 및 분산을 고려하여 장거리 전파의 케이블의 케이블의 고장점 및 케이블의 건전성을 추정할 수 있다.

[0128] 이해의 편의를 위하여, 프로세서는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 프로세서는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0129] 여기서, 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction) 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다.

[0130] 소프트웨어 및/또는 정보, 신호 및 데이터는, 제어부에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다.

[0131] 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0132] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.

[0133] 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic

media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다.

[0134] 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

[0135] 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0136] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

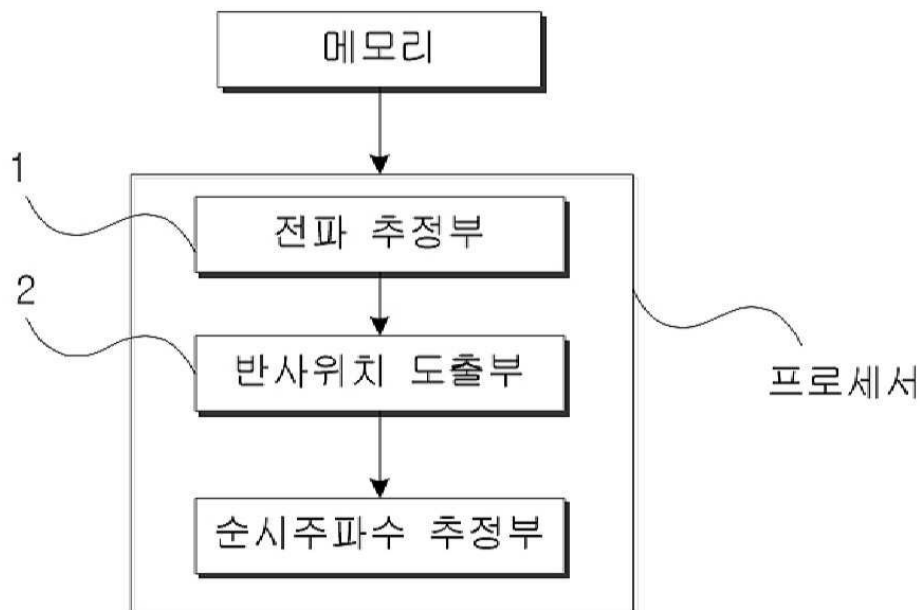
[0137] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 청구범위뿐 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

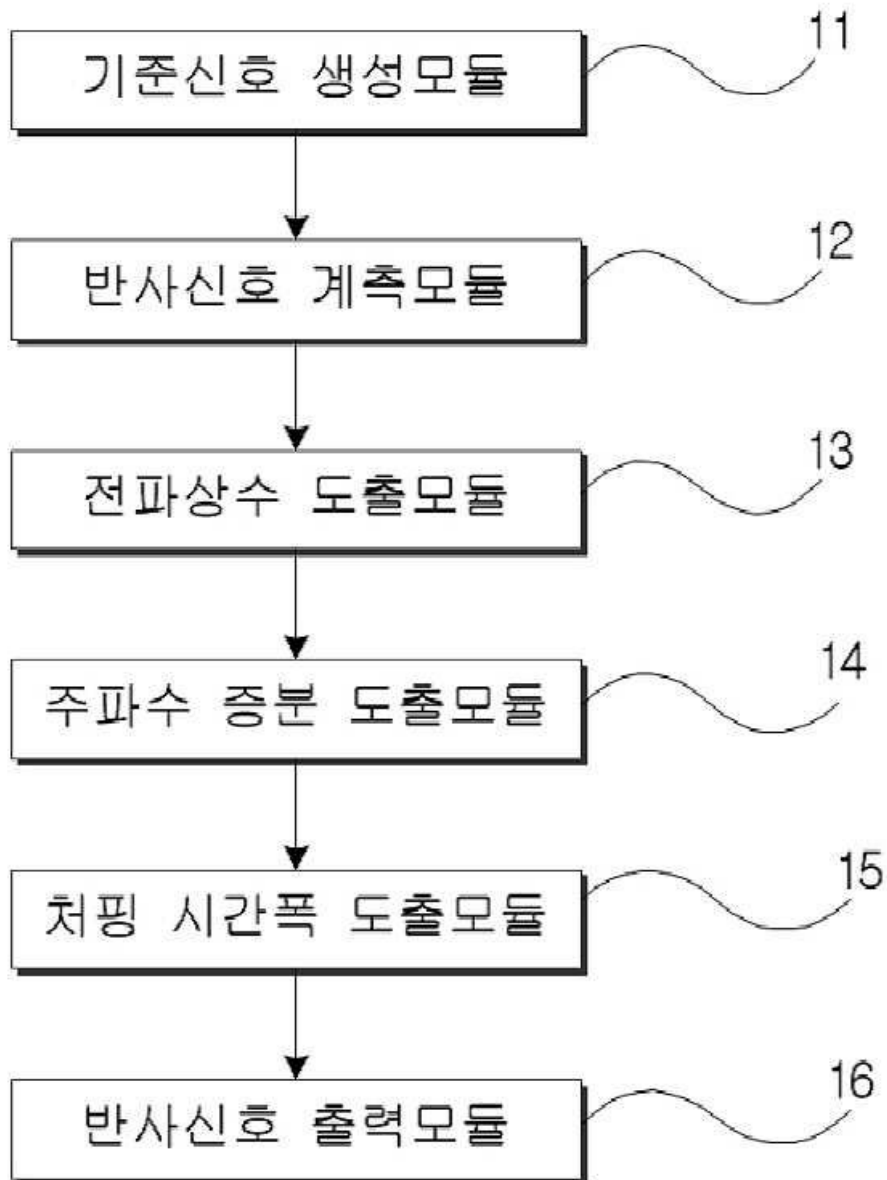
- [0138]
- 1 : 메모리
 - 2 : 적어도 하나의 프로세서
 - 21 : 데이터 수집부
 - 22 : 학습모델 구축부
 - 23 : 학습부
 - 24 : 백업부

도면

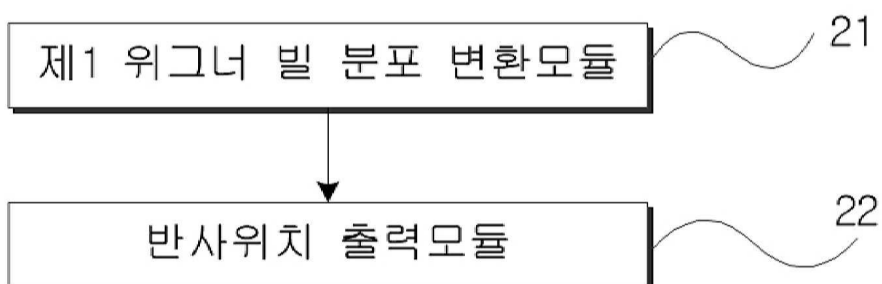
도면1



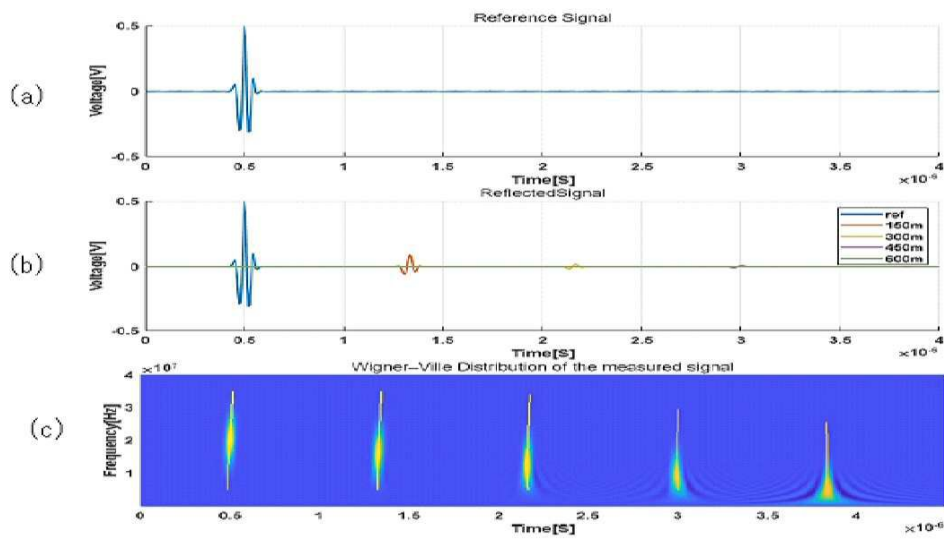
도면2



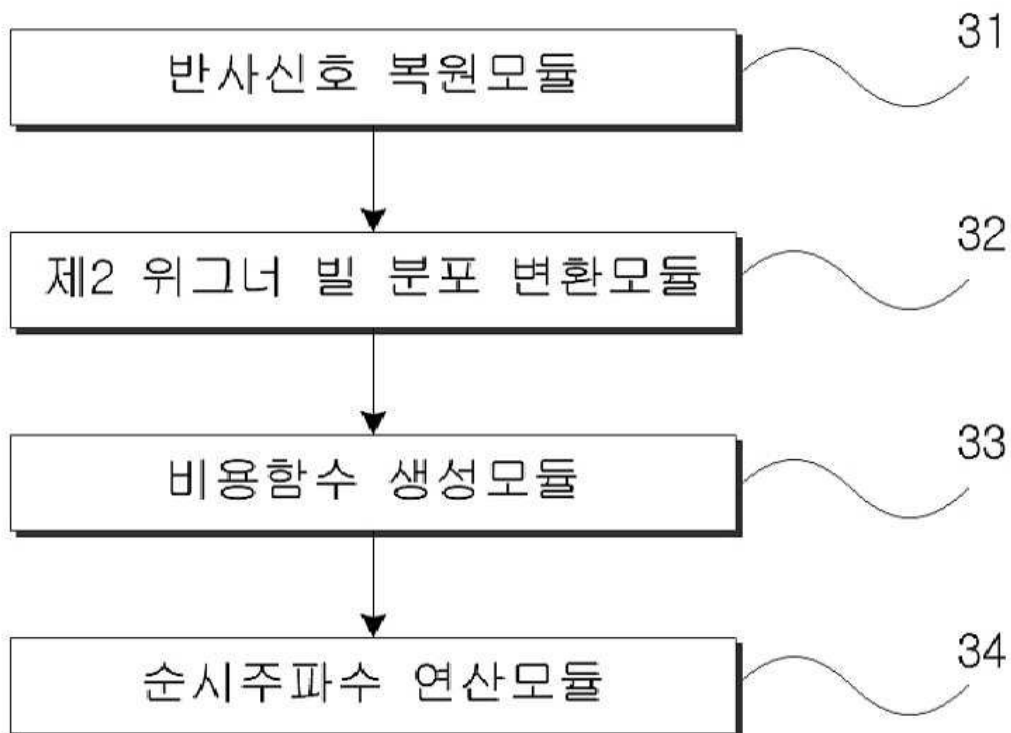
도면3



도면4



도면5



도면6

