



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년10월25일
(11) 등록번호 10-2458227
(24) 등록일자 2022년10월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 23/16 (2006.01) G01R 23/00 (2006.01)
G06N 20/00 (2019.01) G06N 3/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01R 23/16 (2021.05)
G01R 23/005 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0085168
(22) 출원일자 2020년07월10일
심사청구일자 2020년07월10일
(65) 공개번호 10-2022-0007231
(43) 공개일자 2022년01월18일
(56) 선행기술조사문헌
JP2012505589 A
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
국방과학연구소
대전광역시 유성구 북유성대로488번길 160 (수남동)
한양대학교 에리카산학협력단
경기도 안산시 상록구 한양대학로 55
(72) 발명자
남해운
경기도 안산시 상록구 한양대학로 55
서동호
경기도 안산시 상록구 한양대학로 55
안준일
대전광역시 유성구 북유성대로488번길 160
(74) 대리인
특허법인 광장리앤코

전체 청구항 수 : 총 8 항

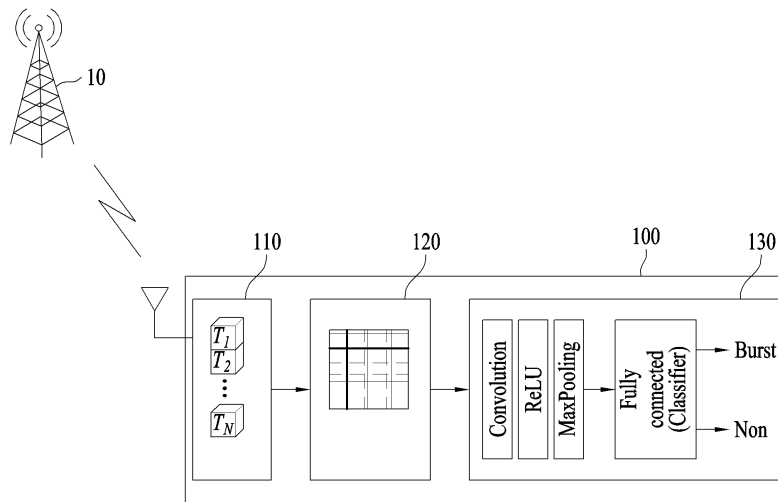
심사관 : 공덕현

(54) 발명의 명칭 버스트 신호 확인 장치 및 그 방법

(57) 요약

특정 주파수 대역의 신호를 확인하는 단계와, 회귀 플롯 알고리즘(recurrence plot algorithm)을 기초로 상기 확인된 신호에 대응하는 이미지를 획득하는 단계와, 상기 획득된 이미지에 기계학습 알고리즘을 적용하여 상기 신호에 버스트 신호(burst signal)가 포함되는지 여부를 확인하는 단계를 포함하는 버스트 신호 확인 방법 및 장치를 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06N 20/00 (2021.08)

G06N 3/08 (2013.01)

H04W 16/14 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

JP2000324193 A

KR1020040005725 A

Deep CM-CNN for Spectrum Sensing in Cognitive Radio(IEEE, 2019. 10. 공개)

KR1020050100360 A

Encoding Time Series as Multi-Scale Signed

Recurrence Plots for Classification Using

Fully Convolutional Networks(MDPI, 2020.07.0

8.공개)

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

특정 주파수 대역의 신호를 확인하는 단계와,

회귀 플롯 알고리즘(recurrence plot algorithm)을 기초로 상기 확인된 신호에 대응하는 이미지를 획득하는 단계와,

상기 획득된 이미지에 기계학습 알고리즘을 적용하여 상기 신호에 버스트 신호(burst signal)가 포함되는지 여부를 확인하는 단계를 포함하고,

상기 이미지를 획득하는 단계는,

허위 이웃 알고리즘(false nearest neighbor) 및 상호의존정보(mutual information)를 기초로 확인되는 임베딩 차원 및 시간 딜레이를 이용하여 상기 확인된 신호와 관련된 차원 벡터를 확인하는 단계와,

상기 확인된 차원 벡터와 기지정된 임계값을 이용하여 상기 이미지를 획득하는 단계를 포함하고,

상기 기지정된 임계값은,

전역 임계값 방식(global thresholding method)을 기초로 확인된 임계값을 포함하는

버스트 신호 확인 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 신호를 확인하는 단계는,

상기 특정 주파수 대역에 대한 복수의 신호 샘플을 확인하는 단계와,

상기 확인된 복수의 신호 샘플 각각에 대한 에너지를 확인하는 단계를 포함하는

버스트 신호 확인 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 이미지는, 1 또는 0으로 구성되는 행렬과 관련된 이미지를 포함하는

버스트 신호 확인 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 기계학습 알고리즘은, CNN(convolution neural network)를 포함하는 버스트 신호 확인 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,
 상기 기계학습 알고리즘은, 3개의 컨볼루션 계층과 2개의 완전연결계층을 포함하며,
 상기 3개의 컨볼루션 계층 각각은 ReLU(rectified linear unit) 함수를 출력함수로 이용하는 버스트 신호 확인 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,
 상기 버스트 신호가 포함되는지 여부를 확인하는 단계는,
 상기 획득된 이미지에 상기 기계학습 알고리즘을 적용함에 기초하여 출력되는 결과 값이 1인 경우 상기 신호에 버스트 신호가 포함되는 것으로 확인하고, 상기 출력되는 결과 값이 0인 경우 상기 신호에 버스트 신호가 포함되지 않는 것으로 확인하는 단계를 포함하는 버스트 신호 확인 방법.

청구항 9

특정 주파수 대역의 신호를 확인하는 신호 확인부와,
 회귀 플롯 알고리즘(recurrence plot algorithm)을 기초로 상기 확인된 신호에 대응하는 이미지를 획득하는 이미지 획득부와,
 상기 획득된 이미지에 기계학습 알고리즘을 적용하여 상기 신호에 버스트 신호(burst signal)가 포함되는지 여부를 확인하는 신호 분석부를 포함하고,
 상기 이미지 획득부는,
 허위 이웃 알고리즘(false nearest neighbor) 및 상호의존정보(mutual information)를 기초로 확인되는 임베딩 차원 및 시간 딜레이를 이용하여 상기 확인된 신호와 관련된 차원 벡터를 확인하고,
 상기 확인된 차원 벡터와 기지정된 임계값을 이용하여 상기 이미지를 획득하고,
 상기 기지정된 임계값은,
 전역 임계값 방식(global thresholding method)을 기초로 확인된 임계값을 포함하는 버스트 신호 확인 장치.

청구항 10

특정 주파수 대역의 신호를 확인하는 단계와,
 회귀 플롯 알고리즘(recurrence plot algorithm)을 기초로 상기 확인된 신호에 대응하는 이미지를 획득하는 단계와,
 상기 획득된 이미지에 기계학습 알고리즘을 적용하여 상기 신호에 버스트 신호(burst signal)가 포함되는지 여부를 확인하는 단계를 포함하고,

상기 이미지를 획득하는 단계는,

허위 이웃 알고리즘(false nearest neighbor) 및 상호의존정보(mutual information)를 기초로 확인되는 임베딩 차원 및 시간 딜레이를 이용하여 상기 확인된 신호와 관련된 차원 벡터를 확인하는 단계와,

상기 확인된 차원 벡터와 기지정된 임계값을 이용하여 상기 이미지를 획득하는 단계를 포함하고,

상기 기지정된 임계값은,

전역 임계값 방식(global thresholding method)을 기초로 확인된 임계값을 포함하는 버스트 신호 확인 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 비일시적 기록 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 인지무선통신과 관련하여 버스트 신호를 확인하는 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 무선통신 트래픽 증가에 따라 주파수 자원 부족의 문제가 점점 더 심화되면서, 비효율적으로 사용되고 있는 주파수를 효과적으로 사용하기 위한 주파수 공유 기술인 인지무선통신(Cognitive Radio) 기술이 등장하였다. 인지무선통신 기술은 면허대역 사용자가 아닌 부 사용자가 면허대역을 사용하는 주 사용자에게 간섭 영향을 미치지 않는 선에서 면허대역을 사용하는 기술로 특정시간, 특정지역에서만 주 사용자가 사용하여 주파수 효율이 낮은 대역을 효과적으로 사용하기 위해 제안되었다.

[0003] 부사용자의 보다 효과적인 면허대역 사용을 위해서는 스펙트럼 센싱이 요구된다. 스펙트럼 센싱은 주 사용자가 면허대역 주파수 내에 존재하는지를 탐지하는 기술을 포함한다. 부 사용자가 주 사용자를 얼마나 정확하게 탐지하는가는 주 사용자 네트워크에 미치는 간섭과 부 사용자 네트워크의 성능에 크게 영향을 주기 때문에 매우 중요한 과정이며, 이에 따라 스펙트럼 센싱 기술과 관련하여서는 많은 연구가 이루어져 왔다.

[0004] 일반적으로 인지무선통신에서는 신호 검출 방식으로 정합 필터(matched filter), 주기적 정상성 특성 검파(cyclostationary feature detection) 또는 에너지 검파(energy detection) 방식을 이용한다. 정합 필터 방식의 경우엔 AWGN(additive white Gaussian noise) 환경에서 가장 좋은 신호 감지 성능을 보이지만 신호나 감지 주파수의 종류에 따라 그에 맞는 정합 필터를 사용해야 하기 때문에 구현 측면에서 큰 부담이 있다. 또한 정합 필터 방식은 반드시 동기화를 필요로 하는데 신호 대 잡음비(signal-to-noise ratio, SNR)가 낮은 환경에서는 송수신기간의 신호 동기를 맞추는 것 자체가 어렵다는 문제가 존재한다.

[0005] 주기적 정상성 특성 검파 방식은 신호의 특성을 이용하는 방식이다. 대표적인 특성으로는 신호의 주기성, 전력 스펙트럼 형태 그리고 파일렛 특성이 있다. 일반적으로 디지털 통신 신호는 각각마다 고유한 신호의 주기성을 갖고 있다. 이에 따라 수신기는 이런 주기성을 파악하여 송신기로부터 획득되는 신호를 검파하여 종류를 추정하게 된다. 그러나 신호의 주기성을 파악하는 과정은 복잡도가 다소 높으며, 블라인드 통신 환경에서는 송신기의 정보 혹은 신호의 특성을 알 수 없다는 문제가 존재한다.

[0006] 에너지 검파 방식은 수신되는 신호의 에너지를 계산하여 이를 바탕으로 신호를 검파하는 방식이다. 따라서 정합 필터 또는 주기적 정상성 특성 검파 방식과는 다르게 송신기나 송신 신호의 특성의 파악 여부와 무관하게 사용할 수 있으며 복잡도도 낮다는 장점이 있다. 하지만 에너지 검파 방식은 잡음 전력(noise power)을 정확히 모르는 경우 신호 감지 성능이 상당히 떨어진다는 단점이 있다.

[0007] 한편, 매우 짧은 시간 동안 전송되는 형태의 신호인 버스트 신호가 존재하는 블라인드 통신 환경에 대한 분석 기술이 활발히 연구되고 있다. 이러한 블라인드 통신 환경에서는 상술한 정합 필터 방식 또는 주기적 정상성 특성 검파 방식의 사용이 어려워 에너지 검파 방식이 이용될 수 있다. 그러나 검파 대상 신호가 감지되는 시간 동안 수집된 표본은 전체 수집 신호의 표본 수보다 매우 적기 때문에 에너지 검파 방식을 이용한 신호 검파 방식 성능도 매우 떨어진다. 따라서 보다 효과적으로 버스트 신호를 검출하도록 하는 방안이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 실시 예가 해결하고자 하는 과제는, 버스트 신호의 효과적인 검출을 위해 회귀 플롯 알고리즘과 기계학습 알고리즘을 기초로 신호를 확인하는 장치 및 그 방법을 제공하는데 있다.

[0009] 본 실시 예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 이하의 실시 예들로부터 또 다른 기술적 과제들이 유추될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 제1 실시 예에 따라, 버스트 신호 확인 방법은, 특정 주파수 대역의 신호를 확인하는 단계와, 회귀 플롯 알고리즘(recurrence plot algorithm)을 기초로 상기 확인된 신호에 대응하는 이미지를 획득하는 단계와, 상기 획득된 이미지에 기계학습 알고리즘을 적용하여 상기 신호에 버스트 신호(burst signal)가 포함되는지 여부를 확인하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 제2 실시 예에 따라, 버스트 신호 확인 장치는, 특정 주파수 대역의 신호를 확인하는 신호 확인부와, 회귀 플롯 알고리즘(recurrence plot algorithm)을 기초로 상기 확인된 신호에 대응하는 이미지를 획득하는 이미지 획득부와, 상기 획득된 이미지에 기계학습 알고리즘을 적용하여 상기 신호에 버스트 신호(burst signal)가 포함되는지 여부를 확인하는 신호 분석부를 포함할 수 있다.

[0012] 제3 실시 예에 따라, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체는 버스트 신호 확인 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 비일시적 기록 매체로서, 상기 버스트 신호 확인 방법은, 특정 주파수 대역의 신호를 확인하는 단계와, 회귀 플롯 알고리즘(recurrence plot algorithm)을 기초로 상기 확인된 신호에 대응하는 이미지를 획득하는 단계와, 상기 획득된 이미지에 기계학습 알고리즘을 적용하여 상기 신호에 버스트 신호(burst signal)가 포함되는지 여부를 확인하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 기타 실시 예들의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

[0014] 본 개시에 따르면, 버스트 신호 확인 장치 및 그 방법은 회귀 플롯 알고리즘과 기계학습 알고리즘을 이용하여 확인되는 신호에 버스트 신호가 포함되어 있는지 여부를 효과적으로 확인할 수 있다.

[0015] 또한, 버스트 신호 확인 장치 및 그 방법은 회귀 플롯 알고리즘을 이용하여 신호의 특징이 이미지로 표현가능하도록 함으로써 송신기나 송신 신호에 대한 사전 정보 없이도 효과적으로 버스트 신호의 확인이 가능하도록 할 수 있다. 이에 따라 버스트 신호 확인 장치의 구현이 복잡도가 감소함으로써 버스트 신호 확인 장치가 보다 용이하게 구현될 수 있다.

[0016] 또한, 버스트 신호 확인 장치 및 그 방법은 회귀 플롯 알고리즘을 이용하여 낮은 신호 대 잡음 비 환경에서도 신호의 특징이 확인가능하도록 함으로써 다양한 환경에서 버스트 신호의 확인이 가능하도록 할 수 있다.

[0017] 발명의 효과는 이상에서 언급한 효과로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 청구범위의 기재로부터 당해 기술 분야의 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 일 실시 예에 따른 버스트 신호 확인 방법을 설명하기 위한 개념도이다.
- 도 2는 일 실시 예에 따른 버스트 신호 확인 장치의 기능 블록도이다.
- 도 3은 일 실시 예에 따른 버스트 신호 확인 방법의 각 단계의 흐름도이다.
- 도 4는 일 실시 예에 따른 버스트 신호 확인 장치의 회귀 플롯 알고리즘 기반의 이미지 획득을 위한 임계값과 관련된 알고리즘의 예를 나타낸다.
- 도 5는 일 실시 예에 따른 버스트 신호 확인 장치에서 획득되는 이미지의 예를 나타낸다.
- 도 6은 일 실시 예에 따른 버스트 신호 확인 장치에서 이용되는 기계학습 알고리즘의 예를 나타낸다.
- 도 7 및 도 8은 일 실시 예에 따른 버스트 신호 확인 방법의 효과를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 실시 예들에서 사용되는 용어는 본 개시에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 개시에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 개시의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.
- [0020] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다.
- [0021] 명세서 전체에서 기재된 "a, b, 및 c 중 적어도 하나"의 표현은, 'a 단독', 'b 단독', 'c 단독', 'a 및 b', 'a 및 c', 'b 및 c', 또는 'a, b, 및 c 모두'를 포괄할 수 있다.
- [0022] 이하에서 언급되는 "단말"은 네트워크를 통해 서버나 타 단말에 접속할 수 있는 컴퓨터나 휴대용 단말로 구현될 수 있다. 여기서, 컴퓨터는 예를 들어, 웹 브라우저(WEB Browser)가 탑재된 노트북, 데스크톱(desktop), 랩톱(laptop) 등을 포함하고, 휴대용 단말은 예를 들어, 휴대성과 이동성이 보장되는 무선 통신 장치로서, IMT(International Mobile Telecommunication), CDMA(Code Division Multiple Access), W-CDMA(W-Code Division Multiple Access), LTE(Long Term Evolution) 등의 통신 기반 단말, 스마트폰, 태블릿 PC 등과 같은 모든 종류의 핸드헬드(Handheld) 기반의 무선 통신 장치를 포함할 수 있다.
- [0023] 아래에서는 첨부한 도면을 참고하여 본 개시의 실시 예에 대하여 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 개시는 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다.
- [0024] 이하에서는 도면을 참조하여 본 개시의 실시 예들을 상세히 설명한다.
- [0025] 도 1은 일 실시 예에 따른 버스트 신호 확인 방법을 설명하기 위한 개념도이다.
- [0026] 도 1을 참조하면, 버스트 신호 확인 장치(이하, 전자 장치)(100)는 주 사용자에게 대응하는 장치(10)와 관련된 신호를 감지(또는 수신, 획득)할 수 있다. 주 사용자에게 대응하는 장치(10)와 관련된 신호는 주 사용자에게 의해 점유 가능하도록 설정된 특정 주파수 대역에 대한 신호를 포함할 수 있다. 이에 따라 전자 장치(100)는 주 사용자와 관련된 특정 주파수 대역의 신호를 확인할 수 있다.
- [0027] 전자 장치(100)는 신호 확인부(110), 이미지 획득부(120), 신호 분석부(130)를 포함할 수 있다. 신호 확인부(110)는 상기 주 사용자와 관련된 특정 주파수 대역의 신호를 확인할 수 있다.
- [0028] 실시 예에서, 신호 확인부(110)에 의해 확인되는 신호는 복수의 신호 샘플로 구성될 수 있다. 여기서 복수의 신호 샘플 각각은 신호의 전체 구간 중 적어도 일부에 대한 신호 샘플로서, 복수의 신호 샘플 각각은 특정 주파수 대역의 신호의 서로 다른 구간에 대한 것일 수 있다. 예를 들어 복수의 샘플은, 신호의 길이를 9라고 가정하였을 때 신호 샘플 각각은 3의 길이를 가지되 서로 다른 구간을 나타내는 제1 신호 샘플, 제2 신호 샘플 및 제3 신호 샘플을 포함할 수 있다. 경우에 따라 신호 샘플의 적어도 일부 구간은 겹칠 수도 있다. 예를 들어 신호의 길이가 9이고 9개의 구간을 포함한다고 가정하면 제1 신호 샘플은 첫번째부터 다섯번째까지의 구간을 포함하고, 제2 신호 샘플은 세번째부터 일곱번째까지의 구간을 포함하고 제3 신호 샘플은 다섯번째부터 아홉번째까지의 구간을 포함할 수 있다.
- [0029] 실시 예에서, 신호 확인부(110)는 복수의 신호 샘플 각각에 대한 에너지를 확인할 수 있다. 예를 들어 신호 확인부(110)는 제1 신호 샘플에 대한 제1 에너지, 제2 신호 샘플에 대한 제2 에너지, 제3 신호 샘플에 대한 제3 에너지를 확인할 수 있다. 신호 별 에너지 확인과 관련하여서는 공지된 다양한 기술이 이용될 수 있으며 이에 대한 구체적인 설명은 생략하겠다.
- [0030] 이미지 획득부(120)는 획득된 신호에 대한 에너지의 값에 회귀 플롯 알고리즘(Recurrence Plot algorithm, RP 알고리즘)을 적용하여 획득된 신호와 관련된 이미지를 획득할 수 있다. 회귀 플롯 알고리즘은 2차원의 데이터 값의 회귀를 표현함으로써 m-차원(여기서, m은 2 이상의 자연수) 위상 공간 궤도를 탐색하기 위한 시각화 알고리즘을 포함한다.
- [0031] 회귀 플롯 알고리즘은 예를 들면 Const-RP, ReLU(rectified linear unit)-RP 또는 Bin-RP를 포함할 수 있다. Const-RP는 임계값(또는 문턱값)(threshold, ϵ)을 사용하지 않는 회귀 플롯 알고리즘을 포함한다. ReLU-RP는 ReLU 함수를 이용하여 두 상태(또는 두 차원 벡터) 사이의 거리 값이 정해진 임계값 이상일 경우에만 셀에 표현

하며 그보다 작은 값은 0으로 셀에 표기하는 방식의 회귀 플롯 알고리즘을 포함한다. Bin-RP는 두 상태 사이의 거리 값이 임계값보다 클 경우에는 1, 그렇지 않은 경우에는 0으로 표기하는 회귀 플롯 알고리즘을 포함한다. 한편, 본 명세서에 따른 실시 예에서는 Bin-RP에 대응하는 회귀 플롯 알고리즘을 기반으로 설명하겠으나, 실시 형태에 따라 다른 회귀 플롯 알고리즘이 이용될 수도 있다.

[0032] 회귀 플롯 알고리즘에서 이용되는 임계값과 관련된 보다 구체적인 설명은 도 4를 참고할 수 있고, 이미지 획득부(120)에 의해 획득되는 이미지의 예는 도 5를 참고할 수 있다.

[0033] 신호 분석부(130)는 획득된 이미지에 기계학습 알고리즘을 적용하여 확인된 신호에 버스트 신호(burst signal)가 포함되는지 여부를 확인할 수 있다. 기계학습 알고리즘은 버스트 신호가 포함된 다양한 이미지 및 버스트 신호가 포함되지 않은 다양한 이미지 중 적어도 일부를 이용하여 이미지가 입력되면 버스트 신호의 포함 여부를 판별하도록 미리 학습이 수행된 기계학습 알고리즘을 포함할 수 있다. 기계학습 알고리즘은 예를 들면 CNN(convolution neural network)로 구현될 수 있다. 구체적으로 예를 들면 기계학습 알고리즘은 3개의 컨볼루션 계층과 2개의 완전연결계층을 포함하며, 3개의 컨볼루션 계층 각각은 ReLU 함수를 출력함수로 이용할 수 있다. 이러한 기계학습 알고리즘과 관련된 보다 구체적인 설명은 도 6을 참고할 수 있다.

[0034] 다만 기계학습 알고리즘의 예는 상술한 바에 제한되는 것은 아니고 다양한 기계학습 알고리즘이 이용될 수도 있다.

[0035] 도 2는 일 실시 예에 따른 버스트 신호 확인 장치의 기능 블록도이다. 도 2에는 본 실시 예와 관련된 구성요소들이 도시되어 있으나 이에 제한되는 것은 아니며 도 2에 도시된 구성요소들 외에 다른 범용적인 구성요소들이 더 포함될 수 있다.

[0036] 도 2를 참조하면, 버스트 신호 확인 장치(이하, 전자 장치)(200)는 신호 확인부(210), 이미지 획득부(220) 및 신호 분석부(230)를 포함할 수 있다. 신호 확인부(210), 이미지 획득부(220) 및 신호 분석부(230) 각각은 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미할 수 있으며, 실시 예에 따라 하드웨어(예: 프로세서, 마이크로프로세서)나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0037] 경우에 따라, 전자 장치(200)는 메모리 및 프로세서를 포함하는 형태로 구현될 수 있다. 이러한 경우 메모리는 전자 장치(200)와 관련된 다양한 데이터, 예를 들어 전자 장치(200)의 동작을 위한 적어도 하나의 명령어(instruction)를 포함할 수 있으며, 프로세서는 메모리에 저장된 데이터를 기초로 전자 장치(200)의 신호 확인부(210), 이미지 획득부(220) 및 신호 분석부(230) 각 구성과 관련된 동작을 수행할 수 있다.

[0038] 신호 확인부(210)는 특정 주파수 대역의 신호를 확인할 수 있다. 특정 주파수 대역의 신호는 주 사용자에게 의한 사용이 예정된 신호로서, 인지무선통신을 위해 주 사용자의 사용 여부를 감지하고자 하는 신호를 포함할 수 있다. 신호 확인부(210)는 주 사용자의 사용 여부를 판별하기 위한 특정 주파수 대역의 신호를 확인할 수 있다.

[0039] 신호 확인부(210)에 의해 확인되는 신호는 신호의 복수의 신호 샘플로 구성될 수 있다. 여기서 복수의 신호 샘플 각각은 신호의 전체 구간 중 적어도 일부에 대한 신호 샘플로서, 복수의 신호 샘플 각각은 특정 주파수 대역의 신호의 서로 다른 구간에 대한 것일 수 있다. 예를 들어 신호의 길이가 9인 경우 신호 샘플 각각은 3의 길이를 가지되 서로 다른 구간을 나타내는 제1 신호 샘플, 제2 신호 샘플 및 제3 신호 샘플을 포함할 수 있다. 경우에 따라 신호 샘플의 적어도 일부 구간은 겹칠 수도 있다. 예를 들어 신호의 길이가 9이고 9개의 구간을 포함한다고 가정하면 제1 신호 샘플은 첫번째부터 다섯번째까지의 구간을 포함하고, 제2 신호 샘플은 세번째부터 일곱번째까지의 구간을 포함하고 제3 신호 샘플은 다섯번째부터 아홉번째까지의 구간을 포함할 수 있다.

[0040] 실시 예에서, 신호 확인부(210)는 특정 주파수 대역에 대한 복수의 신호 샘플을 확인할 수 있다. 신호 확인부(210)는 복수의 신호 샘플 각각에 대한 에너지를 확인할 수 있다. 예를 들어 신호 확인부(210)는 제1 신호 샘플에 대한 제1 에너지, 제2 신호 샘플에 대한 제2 에너지, 제3 신호 샘플에 대한 제3 에너지를 확인할 수 있다. 확인된 신호의 에너지는 하기의 수학식 1과 같이 표현될 수 있다.

수학식 1

[0041]
$$T_n = |y(n)|^2, n = 1, 2, \dots, N$$

[0042] 수학식 1에서, T_n 은 확인된 신호의 에너지를 나타내며, $y(n)$ 은 신호의 n 번째 샘플을 나타내고, N 은 복수의 신호

샘플의 수를 나타낸다.

[0043] 이미지 획득부(220)는 획득된 신호에 대한 에너지의 값에 회귀 플롯 알고리즘(Recurrence Plot algorithm, RP 알고리즘)을 적용하여 획득된 신호와 관련된 이미지를 획득할 수 있다.

[0044] 실시 예에서, 이미지 획득부(220)는 허위 이웃 알고리즘(false nearest neighbor) 및 상호의존정보(mutual information)을 기초로 확인되는 임베딩 차원(embedding dimension) 및 시간 딜레이(time delay)를 이용하여 확인된 신호와 관련된 차원 벡터를 확인할 수 있다. 이미지 획득부(220)는 확인된 차원 벡터를 기초로 확인된 신호의 에너지를 위상공간(phase space)으로 표현할 수 있다. 위상공간은 하기의 수학식 2와 같이 표현될 수 있다.

수학식 2

[0045]
$$S = \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} |y(1)|^2 & |y(1+d)|^2 & \cdots & |y(1+d(m-1))|^2 \\ |y(2)|^2 & |y(2+d)|^2 & \cdots & |y(2+d(m-1))|^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ |y(M)|^2 & |y(M+d)|^2 & \cdots & |y(M+d(m-1))|^2 \end{bmatrix}$$

[0046] 수학식 2에서, S는 위상공간을 나타내고, s_M 은 M번째 차원 벡터를 나타내며, M은 차원 벡터의 길이를 나타낸다. d는 시간 딜레이를 나타내고, m은 임베딩 차원을 나타낸다. 여기서 차원 벡터 s_i 는 하기의 수학식 3과 같이 표현될 수 있다.

수학식 3

[0047]
$$s_i = \{|y(i)|^2, \dots, |y(i+d(m-1))|^2\}, i = 1, \dots, M$$

[0048] M은 상술한 바와 같이 차원 벡터의 길이를 나타내며, $N-d(m-1)$ 로 정의될 수 있다. (여기서, N은 신호 샘플의 수, d는 시간 딜레이, m은 임베딩 차원)

[0049] 이미지 획득부(220)는 확인된 차원 벡터와 기지정된 임계값을 이용하여 관련된 이미지를 획득할 수 있다. 구체적으로, 이미지 획득부(220)는 수학식 2와 수학식 3을 통해 확인되는 차원 벡터와 위상공간을 기반으로 회귀 행렬을 획득할 수 있다. 이러한 경우 회귀 행렬은 하기의 수학식 4에 기초하여 획득될 수 있다.

수학식 4

[0050]
$$R_{i,j}(\epsilon) = \Theta(\epsilon - \|s_i - s_j\|), i, j = 1, \dots, M$$

[0051] 수학식 4에서 $R_{i,j}(\epsilon)$ 는 회귀 행렬의 i행 j열의 원소값, Θ 는 단위 계단 함수(unit step function), ϵ 는 임계값을 나타낸다. 수학식 4를 기초로 회귀 행렬(recurrence matrix) R이 산출될 수 있다. 수학식 4에 따르면 임계값 보다 차원 벡터 사이의 차이(또는 거리)($s_i - s_j$)가 큰 경우 원소값은 1이 되고, 임계값 보다 차원 벡터 사이의 차이가 작은 경우 원소값은 0이 될 수 있다. 이에 대해 정리하면 하기의 수학식 5와 같이 표현될 수 있다.

수학식 5

[0052]
$$R_{Bin} = \begin{cases} 1 \cdots \hat{R} \geq \epsilon \\ 0 \cdots \text{otherwise} \end{cases}$$

- [0053] 수학식 5에서, R_{Bin} 은 회귀 행렬(또는 이진 회귀 행렬)을 나타내며, \hat{R} 은 차원 벡터 사이의 차이를 나타낼 수 있다.
- [0054] 이 때, 회귀 행렬의 원소값에 대한 분포는 노이즈 신호와 버스트 신호에 의한 서로다른 두 개의 분포로 이루어진 이봉 분포(bimodal distribution)로 나타날 수 있으나, 이에 제한되지는 않고 다양한 형태의 분포로 나타날 수도 있다.
- [0055] 실시 예에서, 회귀 행렬의 산출을 위한 임계값(ϵ)은 전역 임계값 방식(global thresholding method)을 기초로 획득될 수 있다. 전역 임계값 방식은 이봉 분포 데이터의 이진 이미지화에 사용되는 임계값 설정 방식으로서, 이와 관련된 구체적인 예는 도 4를 참조할 수 있다.
- [0056] 한편, 상술한 회귀 행렬을 산출하는 방식은 Bin-RP에 대응하는 회귀 플롯 알고리즘을 기반으로 설명하였으나, 이에 제한되지 않고 경우에 따라 이미지 획득부(220)는 Const-RP 또는 ReLU-RP를 기반으로 회귀 행렬이 산출하고 산출된 회귀 행렬을 기반으로 이미지를 획득할 수도 있다. 여기서, Const-RP는 임계값(또는 문턱값)(threshold, ϵ)을 사용하지 않는 회귀 플롯 알고리즘을 포함한다. ReLU-RP는 ReLU 함수를 이용하여 두 차원 벡터 사이의 거리(예: $s_i - s_j$) 값이 정해진 임계값 이상일 경우에만 셀에 표현하며 그보다 작은 값은 0으로 셀에 표기하는 방식의 회귀 플롯 알고리즘을 포함한다.
- [0057] 이미지 획득부(220)는 수학식 4 또는 5를 통해 획득되는 회귀 행렬을 $M \times M$ 크기의 이미지(또는 회귀 플롯 이미지)로 변환할 수 있다. 실시 예에서, 변환된 이미지는 1 또는 0으로 구성되는 행렬과 관련된 이미지를 포함할 수 있다. 이미지와 관련된 구체적인 예는 도 5를 참고할 수 있다.
- [0058] 신호 분석부(230)는 획득된 이미지에 기계학습 알고리즘을 적용하여 확인된 신호에 버스트 신호가 포함되는지 여부를 확인할 수 있다. 기계학습 알고리즘은 버스트 신호가 포함된 다양한 이미지 및 버스트 신호가 포함되지 않은 다양한 이미지 중 적어도 일부를 이용하여 이미지가 입력되면 버스트 신호의 포함 여부를 판별하도록 미리 학습이 수행된 기계학습 알고리즘을 포함할 수 있다. 여기서, 버스트 신호가 포함된 다양한 이미지 및 버스트 신호가 포함되지 않은 다양한 이미지는 기계학습 알고리즘의 학습을 위해 미리 획득된 이미지일 수 있다.
- [0059] 상기의 기계학습 알고리즘의 학습 방식은 기계학습 알고리즘이 지도 학습됨에 기초하여 설명하였으나 이에 제한되지 않고 비지도학습에 기반하여 입력되는 이미지를 구분하도록 학습될 수도 있다.
- [0060] 실시 예에서, 기계학습 알고리즘은 CNN(convolution neural network)로 구현될 수 있다. 예를 들어, 기계학습 알고리즘은 3개의 컨볼루션 계층과 2개의 완전연결계층을 포함할 수 있다. 이러한 경우 3개의 컨볼루션 계층 각각은 ReLU 함수를 출력함수로 이용할 수 있다. 이러한 기계학습 알고리즘과 관련된 보다 구체적인 설명은 도 6을 참조할 수 있다. 다만 기계학습 알고리즘의 예는 상술한 바에 제한되는 것은 아니고 본 명세서에서 언급되지 않은 다양한 기계학습 알고리즘이 이용될 수도 있다.
- [0061] 실시 예에서, 신호 분석부(230)는 획득된 이미지에 기계학습 알고리즘을 적용함에 기초하여 출력되는 결과 값이 1인 경우 획득된 신호에 버스트 신호가 포함되는 것으로 확인할 수 있다. 신호 분석부(230)는 출력되는 결과 값이 0인 경우 신호에 버스트 신호가 포함되지 않는 것으로 확인할 수 있다.
- [0062] 도 3은 일 실시 예에 따른 버스트 신호 확인 방법의 각 단계의 흐름도이다. 도 3에 도시된 방법의 각 단계는 경우에 따라 도면에 도시된 바와 그 순서를 달리하여 수행될 수 있다. 이하에서는 도 1 또는 도 2와 중복되는 내용이 생략될 수 있다.
- [0063] 도 3의 단계 310에서, 버스트 신호 확인 장치(이하, 전자 장치)는 특정 주파수 대역의 신호를 확인할 수 있다. 전자 장치는 특정 주파수 대역에 대한 복수의 신호 샘플을 확인할 수 있다. 전자 장치는 확인된 복수의 신호 샘플 각각에 대한 에너지를 확인할 수 있다.
- [0064] 실시 예에서, 전자 장치는 복수의 신호 샘플의 확인을 기초로 복수의 신호 샘플 각각에 대한 에너지를 확인(또는 산출)할 수 있다.
- [0065] 단계 320에서, 전자 장치는 회귀 플롯 알고리즘을 기초로 확인된 신호에 대응하는 이미지를 획득할 수 있다. 회귀 플롯 알고리즘은 예를 들면 신호 샘플의 에너지 값과 관련된 차원 벡터가 획득됨에 기초하여 두 차원 벡터

사이의 거리 값이 임계값보다 클 경우에는 1, 그렇지 않은 경우에는 0으로 표현함에 기초하여 신호를 시각화하는 알고리즘을 포함할 수 있다.

- [0066] 실시 예에서, 전자 장치는 허위 이웃 알고리즘 및 상호의존정보를 기초로 확인되는 임베딩 차원 및 시간 딜레이를 이용하여 신호와 관련된 차원 벡터를 확인할 수 있다. 전자 장치는 확인된 차원 벡터와 기지정된 임계값을 이용하여 신호에 대한 이미지를 획득할 수 있다. 기지정된 임계값은 예를 들면 전역 임계값 방식을 기초로 확인된 임계값을 포함할 수 있다. 이미지는 예를 들면 1 또는 0으로 구성되는 행렬과 관련된 이미지를 포함할 수 있다.
- [0067] 단계 330에서, 전자 장치는 획득된 이미지에 기계학습 알고리즘을 적용하여 신호에 버스트 신호가 포함되는지 여부를 확인할 수 있다. 예를 들어 전자 장치는 회귀 플롯 알고리즘을 기초로 획득되는 이미지를 기계학습 알고리즘에 입력할 수 있다. 전자 장치는 상기 입력에 대응하는 기계학습 알고리즘의 출력값을 획득할 수 있다.
- [0068] 실시 예에서, 기계학습 알고리즘은 3개의 컨볼루션 계층과 2개의 완전연결계층을 포함할 수 있다. 기계학습 알고리즘의 3개의 컨볼루션 계층 각각은 ReLU(rectified linear unit) 함수를 출력함수로 포함할 수 있다.
- [0069] 실시 예에서, 기계학습 알고리즘의 출력값(출력되는 결과 값)은 0 또는 1로 나타날 수 있는데, 이러한 경우 전자 장치는 출력값이 1인 경우 전자 장치가 획득한 신호에 버스트 신호가 포함되는 것으로 확인하고, 출력값이 0인 경우 전자 장치가 획득한 신호에 버스트 신호가 포함되지 않는 것으로 확인할 수 있다.
- [0070] 상술한 실시 예에 따른 전자 장치는 기존의 에너지 검파 방식의 버스트 신호 검출 기술과 비교하여 수신 신호의 길이가 센싱시간(신호 감지 시간)보다 매우 짧은 환경에서도 우수한 신호 검출 성능을 확보할 수 있다.
- [0071] 도 4는 일 실시 예에 따른 버스트 신호 확인 장치의 회귀 플롯 알고리즘 기반의 이미지 획득을 위한 임계값과 관련된 알고리즘의 예를 나타낸다.
- [0072] 도 4의 알고리즘은 전역 임계값 방식을 나타낼 수 있다. 전역 임계값 방식은 서로 다른 두개의 분포로 이루어진 이봉 분포의 데이터의 이진 이미지화에 효과적인 임계값 산정 방식일 수 있다.
- [0073] 본 실시예에 따른 이미지 획득 과정에서 산출된 회귀 행렬의 경우 그 원소값에 대한 분포가 노이즈 신호와 버스트 신호에 의한 서로 다른 두개의 분포로 구성될 수 있기 때문에, 전역 임계값 방식을 통해 보다 적절한 임계값이 산정될 수 있다.
- [0074] 도 5는 일 실시 예에 따른 버스트 신호 확인 장치에서 획득되는 이미지의 예를 나타낸다.
- [0075] 도 5의 참조번호 510은 버스트 신호가 존재하는 경우에 획득되는 이미지의 예를 나타내고 참조번호 520은 버스트 신호가 존재하지 않는 경우에 획득되는 이미지의 예를 나타낸다.
- [0076] 버스트 신호가 존재하는 경우 획득된 신호의 복수의 신호 샘플 중 일부에 대해 버스트 신호에 대응하는 에너지가 나타날 수 있다. 즉, 버스트 신호가 존재하지 않는 다른 신호 샘플에 비해 버스트 신호가 존재하는 신호 샘플의 에너지 값이 크게 차이날 수 있다. 이러한 경우 회귀 플롯 알고리즘 기반의 이미지화를 수행하게 되면 버스트 신호가 존재하는 구간이 다른 구간들에 비해 명확히 드러나 참조번호 510과 같이 소수의 명확한 선이 드러나는 이미지가 획득될 수 있다.
- [0077] 한편, 버스트 신호가 존재하지 않는 경우 획득된 신호의 복수의 신호 샘플 각각의 에너지는 비슷한 값으로 나타날 수 있다. 즉 버스트 신호와 같이 짧지만 명확히 다른 에너지를 가지는 신호가 존재하지 않기 때문에 복수의 신호 샘플 각각의 에너지 차이는 버스트 신호가 존재할 때에 비해 작을 수 있다. 이러한 경우 회귀 플롯 알고리즘 기반의 이미지화를 수행하게 되면 참조번호 520과 같이 이미지 전반적으로 선이 혼재되어 나타날 수 있다. 즉 버스트 신호가 존재하지 않는 경우 일반적인 구간들과는 구분되는 특별한 구간을 파악하기 어려운 이미지가 획득될 수 있다.
- [0078] 도 6은 일 실시 예에 따른 버스트 신호 확인 장치에서 이용되는 기계학습 알고리즘의 예를 나타낸다.
- [0079] 도 6을 참조하면 기계학습 알고리즘은 CNN(또는 컨볼루션 신경망)을 포함할 수 있다. 기계학습 알고리즘은 2차원 이미지로 변환된 수신 신호의 분류를 위해 컨볼루션 계층(convolution layer), 풀링계층(pooling layer) 그리고 완전연결계층(fully-connected layer)으로 구성될 수 있다.
- [0080] 구체적으로, 도 6에 의하면 기계학습 알고리즘은 3개의 컨볼루션 계층(C_1 , C_2 , C_3)과 2개의 완전연결계층을 포함하여 총 5개의 계층으로 구성될 수 있다. 이 때 도 6에 의하면 입력되는 이미지의 크기는 224×224 일 수 있으나

이에 제한되지는 않는다.

[0081] 도시된 바와 같이, 컨볼루션 계층은 공통적으로 ReLU 함수를 출력함수로 이용할 수 있다. ReLU 함수는 하기의 수학적 6과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 6

[0082]
$$f(x) = \max(0, x)$$

[0083] 수학적 6에서 x는 입력값을 나타낸다. 수학적 6에 따르면 입력값이 0보다 큰 경우에는 입력값이 출력되고, 그렇지 않은 경우에는 0이 출력될 수 있다.

[0084] ReLU 함수는 비선형 구조를 가지며, 다른 활성화 함수(예: sigmoid 함수, tanh 함수)보다 더 빠르게 수렴하며 학습속도가 빠른 장점이 있다.

[0085] 모든 컨볼루션 계층에서는 3×3 크기의 필터와 입력값의 사이즈가 동일하도록 제로패딩(zero padding)을 사용할 수 있다. 다만, 도 6에 의하면 컨볼루션 계층 중 C₁에서는 128채널의 필터를, C₂에서는 64채널 그리고 C₃에서는 32채널의 필터를 사용할 수 있으나 이에 제한되지는 않는다.

[0086] 풀링계층에서는 'max-pooling'을 사용하였으며 이미지의 다운 샘플링과 학습 속도 향상을 위해 '2-stride'를 이용한다. 마지막 컨볼루션 계층에서 첫 번째 완전연결계층을 통해 컨볼루션 계층의 결과가 합쳐지며 두 번째 완전연결계층을 거쳐 결과를 출력하게 된다.

[0087] 기계학습 알고리즘의 최종 출력값은 0 또는 1로 표현될 수 있다, 이는 확인된 신호의 주파수 대역에 주 사용자에게 의한 버스트 신호가 존재하는지 여부를 나타낼 수 있다. 예를 들어 버스트 신호가 존재하는 경우 기계학습 알고리즘의 최종 출력값은 1로 나타나고, 버스트 신호가 존재하지 않는 경우 기계학습 알고리즘의 최종 출력값은 0으로 나타낼 수 있다.

[0088] 도시하지는 않았으나, 기계학습 알고리즘은 회귀 플롯 알고리즘에 의한 이미지를 입력으로 하며 입력된 이미지에 버스트 신호가 포함되는 경우 1을 출력하고 포함되지 않는 경우 0을 출력하도록 미리 학습된 알고리즘일 수 있다.

[0089] 도 7 및 도 8은 일 실시 예에 따른 버스트 신호 확인 방법의 효과를 설명하기 위한 도면이다. 구체적으로 도 7과 도 8은 에너지 검파 방식과 본 명세서의 일 실시예에 따른 버스트 신호 확인 방법의 버스트 신호 검출 효과를 비교한 실험 결과의 예를 나타내는 도면이다.

[0090] 도 7과 도 8의 Bin-RP는 본 실시예에 따른 버스트 신호 확인 방법에 대응할 수 있고, Energy detection은 에너지 검파 방식에 대응할 수 있다. 도 7에 의하면 본 실시예에 따른 버스트 신호 확인 방법이 에너지 검파 방식보다 오류 확률이 더 낮고 에너지 효율이 더 높음을 알 수 있다.

[0091] 도 8에 의하면 본 실시예에 따른 버스트 신호 확인 방법이 에너지 검파 방식보다 정확도(Accuracy), 재현율(Recall), 정밀도(Precision) 및 F-score 각각에 대해 우수한 성능을 보임을 알 수 있다.

[0092] 한편, 오류 확률, 에너지 효율, 정확도(Accuracy), 재현율(Recall), 정밀도(Precision) 및 F-score 각각에 대해서는 통상의 기술자에게 용이한 바 구체적인 설명은 생략하겠다.

[0093] 본 명세서의 일 실시예에 따른 버스트 신호 확인 장치 및 방법은, 다양한 통신 환경에서 특정 주파수 대역의 신호에 버스트 신호가 포함되어 있는지 여부를 효과적이며 용이하게 확인할 수 있다. 특히, 버스트 신호 확인 장치 및 방법은 회귀 플롯 알고리즘을 이용함으로써 블라인드 통신 환경 또는 낮은 신호 대 잡음 비 환경에서도 신호의 특징이 효과적으로 확인되도록 하여 버스트 신호의 포함 여부 판별이 정확하게 이루어지도록 할 수 있다.

[0094] 또한, 본 명세서의 일 실시예에 따른 버스트 신호 확인 장치 및 그 방법은 송신기나 송신 신호에 대한 사전 정보 없이도 회귀 플롯 알고리즘을 이용하여 신호의 특징을 효과적으로 표현함으로써 버스트 신호를 용이하게 확인할 수 있다. 이에 따라 버스트 신호 확인 장치의 구현이 복잡도가 감소함으로써 버스트 신호 확인 장치가 보다 용이하게 구현되도록 할 수 있다.

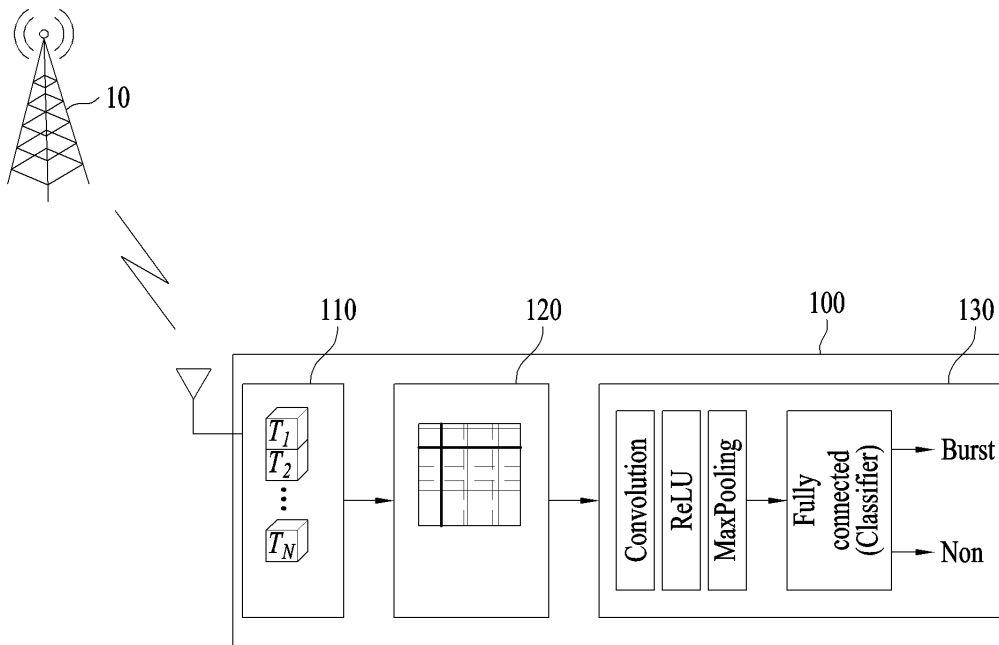
[0095] 전술한 실시 예들에 따른 전자 장치는 프로세서, 프로그램 데이터를 저장하고 실행하는 메모리, 디스크 드라이브와 같은 영구 저장부(permanent storage), 외부 장치와 통신하는 통신 포트, 터치 패널, 키(key), 버튼 등과 같은 사용자 인터페이스 장치 등을 포함할 수 있다. 소프트웨어 모듈 또는 알고리즘으로 구현되는 방법들은 상기 프로세서상에서 실행 가능한 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드들 또는 프로그램 명령들로서 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체 상에 저장될 수 있다. 여기서 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체로 마그네틱 저장 매체(예컨대, ROM(read-only memory), RAM(random-access memory), 플로피 디스크, 하드 디스크 등) 및 광학적 판독 매체(예컨대, 시디롬(CD-ROM), 디브이디(DVD: Digital Versatile Disc)) 등이 있다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템들에 분산되어, 분산 방식으로 컴퓨터가 판독 가능한 코드가 저장되고 실행될 수 있다. 매체는 컴퓨터에 의해 판독가능하며, 메모리에 저장되고, 프로세서에서 실행될 수 있다.

[0096] 본 실시 예는 기능적인 블록 구성들 및 다양한 처리 단계들로 나타내어질 수 있다. 이러한 기능 블록들은 특정 기능들을 실행하는 다양한 개수의 하드웨어 또는/및 소프트웨어 구성들로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시 예는 하나 이상의 마이크로프로세서들의 제어 또는 다른 제어 장치들에 의해서 다양한 기능들을 실행할 수 있는, 메모리, 프로세싱, 로직(logic), 룩 업 테이블(look-up table) 등과 같은 직접 회로 구성들을 채용할 수 있다. 구성 요소들이 소프트웨어 프로그래밍 또는 소프트웨어 요소들로 실행될 수 있는 것과 유사하게, 본 실시 예는 데이터 구조, 프로세스들, 루틴들 또는 다른 프로그래밍 구성들의 조합으로 구현되는 다양한 알고리즘을 포함하여, C, C++, 자바(Java), 어셈블러(assembler) 등과 같은 프로그래밍 또는 스크립팅 언어로 구현될 수 있다. 기능적인 측면들은 하나 이상의 프로세서들에서 실행되는 알고리즘으로 구현될 수 있다. 또한, 본 실시 예는 전자적인 환경 설정, 신호 처리, 및/또는 데이터 처리 등을 위하여 종래 기술을 채용할 수 있다. “매커니즘”, “요소”, “수단”, “구성”과 같은 용어는 넓게 사용될 수 있으며, 기계적이고 물리적인 구성들로서 한정되는 것은 아니다. 상기 용어는 프로세서 등과 연계하여 소프트웨어의 일련의 처리들(routines)의 의미를 포함할 수 있다.

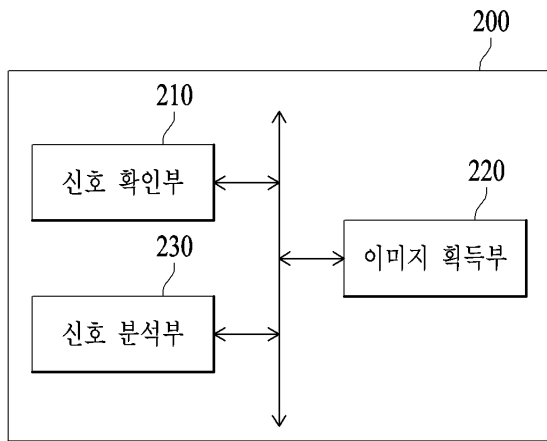
[0097] 전술한 실시 예들은 일 예시일 뿐 후술하는 청구항들의 범위 내에서 다른 실시 예들이 구현될 수 있다.

도면

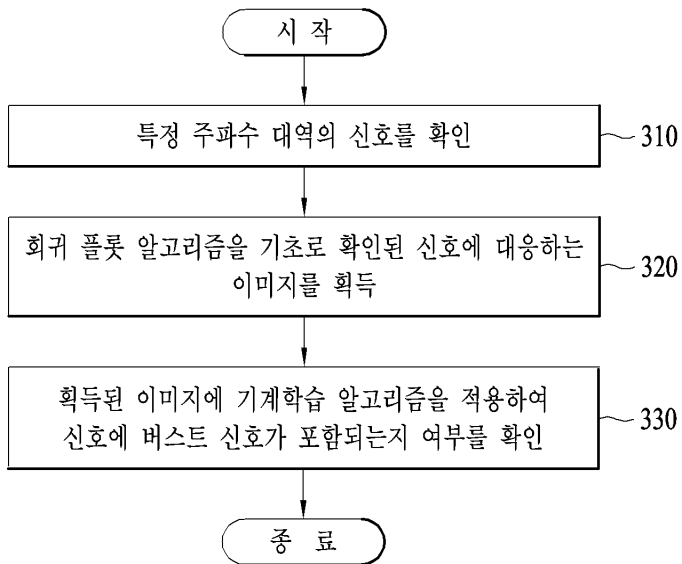
도면1



도면2



도면3



도면4

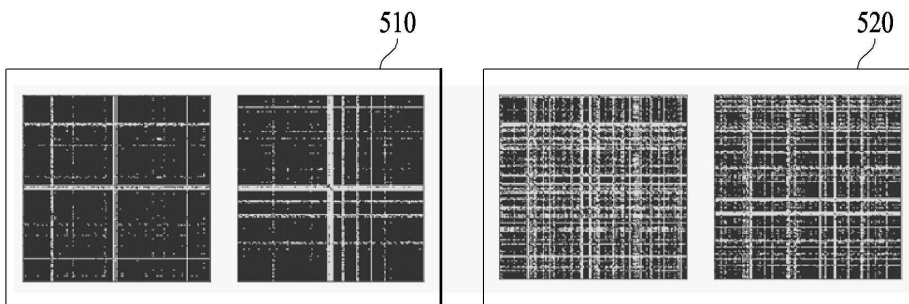
알고리즘 1.

```

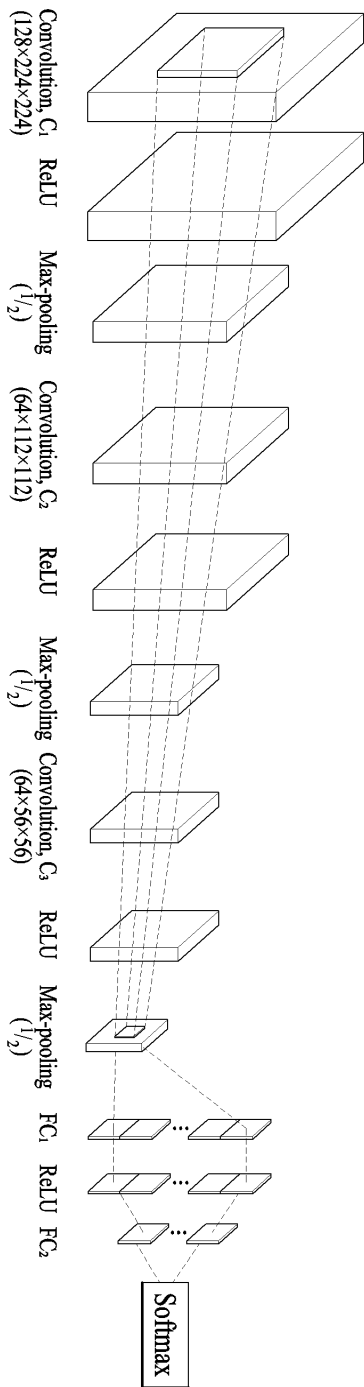
1:   입력값:  $R_{i,j}(\epsilon) = \Theta(\epsilon \cdot \|u_i - u_j\|)$ ,  $i, j = 1, \dots, M$ 
2:   정규화:  $R_{i,j} = \frac{R_{i,j} - \min(R)}{\max(R) - \min(R)}$ , where  $\hat{R}_{i,j} \in [0, 1]$ 
3:   초기화:  $\epsilon = \frac{\max(\hat{R}) + \min(\hat{R})}{2}$ 
4:   for  $i = 1$  to  $k$  do
5:     for  $j = 1$  to  $k$  do
6:       if  $\hat{R}_{i,j} > \epsilon$  then
7:          $\hat{R}_1 \leftarrow \hat{R}_{i,j}$ 
8:       else
9:          $\hat{R}_2 \leftarrow \hat{R}_{i,j}$ 
10:      end if
11:    end for
12:  end for
13:   $\epsilon_1 \leftarrow \text{mean}(\hat{R}_1)$ 
14:   $\epsilon_2 \leftarrow \text{mean}(\hat{R}_2)$ 
15:   $\epsilon := \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{2}$ 
16:  if  $\epsilon > 0.001$  then
17:    go to 4
18:  else
19:    return  $\epsilon$ 
20:  end if

```

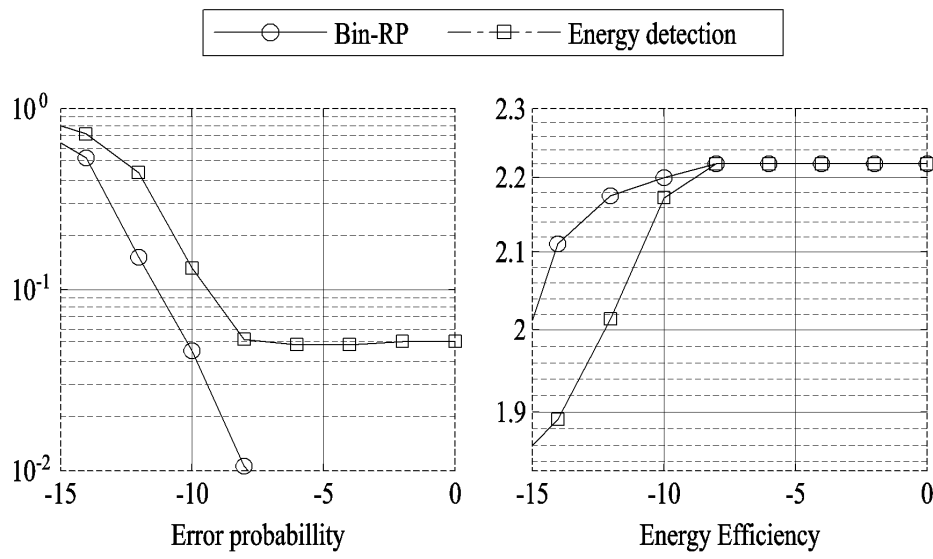
도면5



도면6



도면7



도면8

