



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년12월13일
(11) 등록번호 10-2338055
(24) 등록일자 2021년12월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
HO4W 16/14 (2009.01) GO1R 23/16 (2006.01)
HO4B 17/382 (2014.01)
(52) CPC특허분류
HO4W 16/14 (2013.01)
GO1R 23/16 (2021.05)
(21) 출원번호 10-2020-0103480
(22) 출원일자 2020년08월18일
심사청구일자 2020년08월18일
(56) 선행기술조사문헌
KR101112746 B1*
(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
김형운
경기도 안산시 상록구 한양대학로 55
안준일
대전광역시 유성구 북유성대로488번길 160
(74) 대리인
특허법인 광장리앤코

전체 청구항 수 : 총 10 항

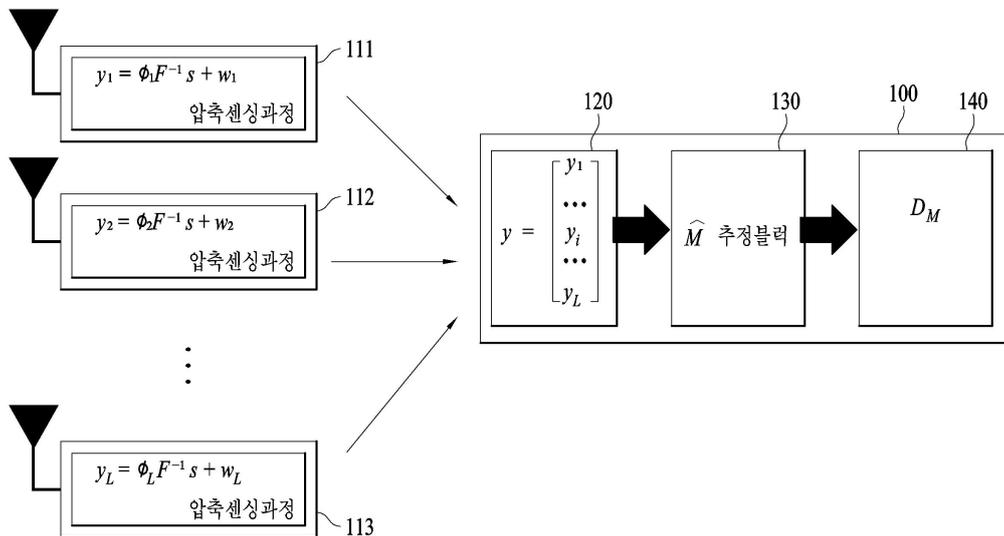
심사관 : 이종익

(54) 발명의 명칭 주파수 스펙트럼 센싱 장치 및 그 방법

(57) 요약

복수의 센서 각각으로부터 압축센싱 샘플을 획득하는 단계와, 상기 획득된 압축센싱 샘플의 복원을 기초로 상기 획득된 압축센싱 샘플에 대응하는 주파수 스펙트럼과 관련된 최소 압축센싱 샘플의 수를 확인하는 단계와, 상기 확인된 샘플의 수 및 상기 획득된 압축센싱 샘플을 이용하여 상기 주파수 스펙트럼의 주사용자 사용유무를 확인하는 단계를 포함하는 주파수 스펙트럼 센싱 방법 및 장치를 제공한다.

대표도



(52) CPC특허분류

H04B 17/382 (2015.01)

(56) 선행기술조사문헌

Dmitry M. Malioutov 외 2인, Sequential Compressed Sensing, IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, Vol.4, No.2, p.435-444 (2010.04.30.) 1부.*

Yue Wang 외 2인, A Two-Step Compressed Spectrum Sensing Scheme for Wideband Cognitive Radios, IEEE Global Telecommunications Conference, GLOBECOM 2010 (2010.12.10.) 1부.*

KR1020140092998 A

KR101766415 B1

KR1020090128304 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

인지무선통신을 위한 주파수 스펙트럼 센싱 방법에 있어서,

복수의 센서 각각으로부터 압축센싱 샘플을 획득하는 단계와,

상기 획득된 압축센싱 샘플의 복원을 기초로 상기 획득된 압축센싱 샘플에 대응하는 주파수 스펙트럼과 관련된 최소 압축센싱 샘플의 수를 확인하는 단계와,

상기 확인된 샘플의 수 및 상기 획득된 압축센싱 샘플을 이용하여 상기 주파수 스펙트럼의 주사용자 사용유무를 확인하는 단계를 포함하고,

상기 최소 압축센싱 샘플의 수를 확인하는 단계는,

상기 주파수 스펙트럼의 평균 성긴 값, 최소 성긴 값, 상기 평균 성긴 값에 대응하는 평균 압축센싱 샘플의 수, 상기 최소 성긴 값에 대응하는 최소 압축센싱 샘플의 수 및 기 지정된 압축센싱 샘플의 수의 증가 값을 이용하여, 제1 압축센싱 샘플 수 및 제2 압축센싱 샘플 수 각각에 대한 상기 주파수 스펙트럼의 원신호를 복원하는 단계와,

상기 제1 압축센싱 샘플 수에 대응하는 원신호와 상기 제2 압축센싱 샘플 수에 대응하는 원신호의 교차상관 값이 미리 지정된 조건을 만족하는 경우, 상기 제1 압축센싱 샘플 수를 상기 주파수 스펙트럼과 관련된 최소 압축센싱 샘플의 수로 확인하는 단계를 포함하고,

상기 제1 압축센싱 샘플 수는 상기 제2 압축센싱 샘플 수 보다 상기 기 지정된 압축센싱 샘플 수만큼 적은,

주파수 스펙트럼 센싱 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 센서 각각은 서로 다른 위치에 배치되며 상기 주파수 스펙트럼에 대한 압축센싱 샘플을 획득하는 주파수 스펙트럼 센싱 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 복수의 센서 각각은 저전력의 센서를 포함하는

주파수 스펙트럼 센싱 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 압축센싱 샘플을 획득하는 단계는,

상기 복수의 센서 각각의 센싱 벡터에 대한 정보를 기초로 상기 압축센싱 샘플을 획득하는 단계를 포함하고,

상기 센싱 벡터에 대한 정보는 미리 저장된

주파수 스펙트럼 센싱 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 복수의 센서의 개수는 상기 주파수 스펙트럼의 최대 성긴 값에 대응하여 요구되는 최소 압축센싱 샘플의 개수 보다 많은

주파수 스펙트럼 센싱 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

인지무선통신을 위한 주파수 스펙트럼 센싱 방법에 있어서,

복수의 센서 각각으로부터 압축센싱 샘플을 획득하는 단계와,

상기 획득된 압축센싱 샘플의 복원을 기초로 상기 획득된 압축센싱 샘플에 대응하는 주파수 스펙트럼과 관련된 최소 압축센싱 샘플의 수를 확인하는 단계와,

상기 확인된 샘플의 수 및 상기 획득된 압축센싱 샘플을 이용하여 상기 주파수 스펙트럼의 주사용자 사용유무를 확인하는 단계를 포함하고,

상기 주사용자 사용유무를 확인하는 단계는,

상기 복수의 센서 각각으로부터 획득된 압축센싱 샘플을 상기 확인된 최소 압축센싱 샘플의 수를 기초로 그룹핑 하여 적어도 하나의 샘플 그룹을 생성하는 단계와,

상기 적어도 하나의 샘플 그룹 각각에 대응하는 원신호를 복원하는 단계와,

바이너리 경판정(hard decision)을 기초로 상기 복원된 원신호 각각의 서브 밴드 별 주사용자 사용유무를 확인 하는 단계와,

상기 서브 밴드 별 주사용자 사용유무 여부와 과반수 합성 률을 기초로 상기 주파수 스펙트럼의 서브 밴드 별 주사용자 사용유무를 확인하는 단계를 포함하는,

주파수 스펙트럼 센싱 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 주사용자의 사용유무의 확인에 대응하여, 상기 주파수 스펙트럼의 상기 주사용자의 사용유무에 대한 정보를 상기 복수의 센서 각각에 전송하는 단계를 더 포함하는

주파수 스펙트럼 센싱 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 복수의 센서는 상기 주사용자의 사용유무에 대한 정보를 기초로 상기 주파수 스펙트럼의 서브 밴드 중 주사용자가 사용하지 않는 것으로 확인된 서브 밴드를 통해 통신을 수행하는

주파수 스펙트럼 센싱 방법.

청구항 10

인지무선통신을 위한 주파수 스펙트럼 센싱 장치에 있어서,

복수의 센서 각각으로부터 압축센싱 샘플을 획득하는 샘플획득부와,

상기 획득된 압축센싱 샘플의 복원을 기초로 상기 획득된 압축센싱 샘플에 대응하는 주파수 스펙트럼과 관련된 최소 압축센싱 샘플의 수를 확인하는 샘플확인부와,

상기 확인된 샘플의 수 및 상기 획득된 압축센싱 샘플을 이용하여 상기 주파수 스펙트럼의 주사용자 사용유무를 확인하는 주사용자 확인부를 포함하고,

상기 샘플확인부는,

상기 주파수 스펙트럼의 평균 성긴 값, 최소 성긴 값, 상기 평균 성긴 값에 대응하는 평균 압축센싱 샘플의 수, 상기 최소 성긴 값에 대응하는 최소 압축센싱 샘플의 수 및 기지정된 압축센싱 샘플의 수의 증가 값을 이용하여, 제1 압축센싱 샘플 수 및 제2 압축센싱 샘플 수 각각에 대한 상기 주파수 스펙트럼의 원신호를 복원하고, 상기 제1 압축센싱 샘플 수에 대응하는 원신호와 상기 제2 압축센싱 샘플 수에 대응하는 원신호의 교차상관 값이 미리 지정된 조건을 만족하는 경우, 상기 제1 압축센싱 샘플 수를 상기 주파수 스펙트럼과 관련된 최소 압축센싱 샘플의 수로 확인하며,

상기 제1 압축센싱 샘플 수는 상기 제2 압축센싱 샘플 수 보다 상기 기지정된 압축센싱 샘플 수만큼 적은,

주파수 스펙트럼 센싱 장치.

청구항 11

복수의 센서 각각으로부터 압축센싱 샘플을 획득하는 단계와,

상기 획득된 압축센싱 샘플의 복원을 기초로 상기 획득된 압축센싱 샘플에 대응하는 주파수 스펙트럼과 관련된 최소 압축센싱 샘플의 수를 확인하는 단계와,

상기 확인된 샘플의 수 및 상기 획득된 압축센싱 샘플을 이용하여 상기 주파수 스펙트럼의 주사용자 사용유무를 확인하는 단계를 포함하고,

상기 최소 압축센싱 샘플의 수를 확인하는 단계는,

상기 주파수 스펙트럼의 평균 성긴 값, 최소 성긴 값, 상기 평균 성긴 값에 대응하는 평균 압축센싱 샘플의 수, 상기 최소 성긴 값에 대응하는 최소 압축센싱 샘플의 수 및 기지정된 압축센싱 샘플의 수의 증가 값을 이용하여, 제1 압축센싱 샘플 수 및 제2 압축센싱 샘플 수 각각에 대한 상기 주파수 스펙트럼의 원신호를 복원하는 단계와,

상기 제1 압축센싱 샘플 수에 대응하는 원신호와 상기 제2 압축센싱 샘플 수에 대응하는 원신호의 교차상관 값이 미리 지정된 조건을 만족하는 경우, 상기 제1 압축센싱 샘플 수를 상기 주파수 스펙트럼과 관련된 최소 압축센싱 샘플의 수로 확인하는 단계를 포함하고,

상기 제1 압축센싱 샘플 수는 상기 제2 압축센싱 샘플 수 보다 상기 기지정된 압축센싱 샘플 수만큼 적은,

주파수 스펙트럼 센싱 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 비일시적 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

본 개시는 인지무선통신을 위해 주파수 스펙트럼을 센싱하는 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

[0001]

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] 스펙트럼 센싱 기술 중 sub-Nyquist 기술을 기반으로 하는 기술은 높은 샘플링 율로 인한 긴 센싱 딜레이와 높은 계산 복잡도 및 하드웨어 비용 문제를 완화시켜준다. 이와 같은 sub-Nyquist 기술은 다양한 접근 방식에 기초하며, 일 예로 압축센싱(Compressive Sensing)에 기반한 접근 방식이 있을 수 있다.
- [0005] 압축센싱에 따르면 특정 도메인 내에서 성김(sparsity) 특성을 갖는 신호는 신호의 원래 차원보다 적은 개수의 샘플을 얻어도 원신호로 복원이 가능하다. 이와 같이 원신호로 복원 가능한 최소 샘플의 수를 이용하면 스펙트럼 센싱의 효과가 상승하게 된다.
- [0006] 다만, 원신호의 성김 정도가 변화하면 원신호로 복원하기 위해 요구되는 최소의 압축된 신호 샘플의 수가 달라지게 되는데, 스펙트럼을 센싱하기 전까지는 스펙트럼의 성김 정도를 알 수 없어 원신호 복원에 요구되는 최소 샘플의 개수도 알기 어렵다. 이에 따라 압축센싱에 의한 효과가 절감되어 스펙트럼 센싱 기술의 효율성이 저하될 수 있다. 따라서, 압축센싱에 기반한 스펙트럼 센싱의 효율을 보다 향상시킬 수 있는 방안이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 실시 예가 해결하고자 하는 과제는, 압축센싱에 기반한 스펙트럼 센싱과 관련하여 원신호의 복원을 위해 최소로 요구되는 최소 샘플의 개수를 추정하고 이를 이용하여 보다 효율적으로 주파수 스펙트럼 센싱을 수행하는 장치 및 그 방법을 제공하는데 있다.
- [0008] 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

- [0009] 제1 실시 예에 따라, 인지무선통신을 위한 주파수 스펙트럼 센싱 방법은, 복수의 센서 각각으로부터 압축센싱 샘플을 획득하는 단계와, 상기 획득된 압축센싱 샘플의 복원을 기초로 상기 획득된 압축센싱 샘플에 대응하는 주파수 스펙트럼과 관련된 최소 압축센싱 샘플의 수를 확인하는 단계와, 상기 확인된 샘플의 수 및 상기 획득된 압축센싱 샘플을 이용하여 상기 주파수 스펙트럼의 주사용자 사용유무를 확인하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0010] 제2 실시 예에 따라, 인지무선통신을 위한 주파수 스펙트럼 센싱 장치는, 복수의 센서 각각으로부터 압축센싱 샘플을 획득하는 샘플획득부와, 상기 획득된 압축센싱 샘플의 복원을 기초로 상기 획득된 압축센싱 샘플에 대응하는 주파수 스펙트럼과 관련된 최소 압축센싱 샘플의 수를 확인하는 샘플확인부와, 상기 확인된 샘플의 수 및 상기 획득된 압축센싱 샘플을 이용하여 상기 주파수 스펙트럼의 주사용자 사용유무를 확인하는 주사용자 확인부를 포함할 수 있다.
- [0011] 제3 실시 예에 따라, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체는 주파수 스펙트럼 센싱 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 비일시적 기록매체로서, 상기 주파수 스펙트럼 센싱 방법은, 복수의 센서 각각으로부터 압축센싱 샘플을 획득하는 단계와, 상기 획득된 압축센싱 샘플의 복원을 기초로 상기 획득된 압축센싱 샘플에 대응하는 주파수 스펙트럼과 관련된 최소 압축센싱 샘플의 수를 확인하는 단계와, 상기 확인된 샘플의 수 및 상기 획득된 압축센싱 샘플을 이용하여 상기 주파수 스펙트럼의 주사용자 사용유무를 확인하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 기타 실시 예들의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

[0013] 본 개시에 따르면, 주파수 스펙트럼 센싱 장치 및 그 방법은 복수의 센서로부터 획득되는 압축센싱 샘플을 기초로 원신호 복원에 요구되는 최소 샘플의 수를 확인하고 이를 이용하여 보다 효과적으로 스펙트럼 센싱이 이루어지도록 할 수 있다.

[0014] 또한, 주파수 스펙트럼 센싱 장치 및 그 방법은 공간적으로 분산된 복수의 센서로부터 수집된 압축센싱 샘플을 협력적 스펙트럼 센싱에 이용함으로써 스펙트럼 정보의 공간적 다이버시티 이득을 얻도록 하여 주파수 스펙트럼에 대한 주사용자의 사용유무의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

[0015] 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

[0016] 도 1은 일 실시 예에 따른 주파수 스펙트럼 센싱 방법을 설명하기 위한 개념도이다.

도 2는 일 실시 예에 따른 주파수 스펙트럼 센싱 방법에 이용되는 압축센싱 샘플이 획득되는 방법을 설명하기 위한 개념도이다.

도 3은 일 실시 예에 따른 주파수 스펙트럼 센싱 장치의 기능블록도이다.

도 4는 일 실시 예에 따른 주파수 스펙트럼 센싱 방법의 각 단계의 흐름도이다.

도 5는 일 실시 예에 따른 주파수 스펙트럼 센싱을 위해 최소 압축센싱 샘플의 수를 확인하기 위한 알고리즘의 예를 나타낸다.

도 6은 일 실시 예에 따른 주파수 스펙트럼 센싱을 위해 주사용자 사용유무를 확인하기 위한 알고리즘의 예를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 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.

[0018] 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.

[0019] 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.

[0020] 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.

[0021] 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.

[0022] 이하에서는 도면을 참조하여 본 개시의 실시 예들을 상세히 설명한다.

[0023] 도 1은 일 실시 예에 따른 주파수 스펙트럼 센싱 방법을 설명하기 위한 개념도이다.

- [0024] 도 1을 참조하면, 주파수 스펙트럼 센싱 장치(이하, 센싱 장치)(100)는 복수의 센서(111, 112, 113) 각각으로부터 압축센싱 샘플을 획득할 수 있다. 여기서, 복수의 센서(111, 112, 113) 각각은 서로 다른 위치에 배치될 수 있다. 또한, 복수의 센서(111, 112, 113) 각각은 저전력으로 구동되는 센서(예: IoT(Internet of Things) 센서)를 포함할 수 있다.
- [0025] 복수의 센서(111, 112, 113) 각각은 특정한 신호(이하, 원신호)를 감지하고 이에 대한 압축센싱 샘플(또는 압축센싱 샘플 신호)를 생성하여 센싱 장치(100)에게 전송할 수 있다. 압축센싱 샘플은 압축센싱 기법을 기초로 원신호를 압축센싱하여 생성된 신호를 포함할 수 있으며, 복수의 센서(111, 112, 113) 각각의 압축센싱 신호 샘플의 생성 방법은 도 2를 참고할 수 있다.
- [0026] 실시 예에서, 복수의 센서의 개수 통계적으로 획득된 원신호의 최대 성긴 값일 때 요구되는 최소 압축센싱 샘플의 개수 이상일 수 있다. 통계적으로 획득된 원신호의 최대 성긴 값은 미리 지정된 값일 수 있으며, 통상의 기술자에게 용이한바 구체적인 설명은 생략하겠다.
- [0027] 도 1에 따르면, 센싱 장치(100)는 복수의 센서(111, 112, 113) 각각으로부터 압축센싱 샘플을 획득하는 샘플획득부(120), 최소 압축센싱 샘플의 수를 확인하는 샘플확인부(130), 및 압축센싱 샘플에 대응하는 주파수 스펙트럼의 주사용자 사용유무를 확인하는 주사용자 확인부(140)를 포함할 수 있다.
- [0028] 구체적으로, 샘플획득부(120)는 복수의 센서(111, 112, 113) 각각으로부터 압축센싱 샘플을 획득할 수 있다. 샘플획득부(120)는 획득된 압축센싱 샘플을 취합할 수 있다.
- [0029] 샘플확인부(130)는 취합된 압축센싱 샘플을 이용하여 원신호에 대응하는 최소 압축센싱 샘플의 수를 확인할 수 있다. 실시 예에서, 샘플확인부(130)는 서로 다른 개수의 압축센싱 샘플을 이용하여 원신호를 반복적으로 복원할 수 있다. 샘플확인부(130)는 복원된 원신호들을 서로 비교함에 기초하여 최소 압축센싱 샘플의 수를 확인할 수 있다.
- [0030] 주사용자 확인부(140)는 샘플확인부(130)에 의해 확인된 샘플의 수 및 샘플획득부(120)에 의해 획득된 압축센싱 샘플을 이용하여 주파수 스펙트럼의 주사용자 사용유무를 확인할 수 있다. 실시 예에서, 주사용자 확인부(140)는 획득된 압축센싱 샘플을 확인된 최소 압축센싱 샘플의 수에 따라 구분하여 그룹핑하여, 그룹핑된 압축센싱 그룹 각각에 대한 원신호를 복원할 수 있다. 주사용자 확인부(140)는 그룹 각각에 대한 원신호의 서브 밴드를 확인하여 주사용자 사용유무를 확인할 수 있다.
- [0031] 한편, 샘플획득부(120), 샘플확인부(130), 및 주사용자 확인부(140) 각각의 동작과 관련된 보다 구체적인 설명은 도 3에서 후술하겠다.
- [0032] 도 2는 일 실시 예에 따른 주파수 스펙트럼 센싱 방법에 이용되는 압축센싱 샘플이 획득되는 방법을 설명하기 위한 개념도이다.
- [0033] 구체적으로, 도 2는 압축센싱 샘플을 센싱 장치(예: 도 1의 센싱 장치(100))에게 전송하는 복수의 센서(예: 복수의 센서(111, 112, 113)) 각각에서 수행되는 압축센싱 샘플을 획득하는 방법을 설명하기 위한 도면이다. 이하에서는 복수의 센서 중 i 번째 센서를 예시로서 설명하겠다.
- [0034] 도 2를 참조하면, 센서(i 번째 센서)는 원신호(s)를 수신할 수 있다. 여기서, 원신호는 특정 신호원에서 전파되는 신호를 포함할 수 있으나 이에 제한되지는 않는다.
- [0035] 센서는 수신된 원신호(s)와 의사 난수 생성기(201)에 의해 생성된 난수(ϕ_i , i 번째 센서에서 이용되는 난수를 의미함)를 믹서(202)를 이용하여 합성할 수 있다. 센서는 합성된 신호를 저주파 필터(203)를 이용하여 필터링할 수 있다.
- [0036] 센서는 저주파 필터(203)에 의해 필터링된 신호는 저속 샘플러에 의해 샘플링됨에 기초하여 압축신호 샘플(y_i , i 번째 센서에서 생성된 샘플을 의미함)을 생성할 수 있다.
- [0037] 이와 같은 압축센싱 샘플의 획득 과정은 복수의 센서 각각에서 일어나며, 이하에서 복수의 센서는 L 개 있음을 가정하여 설명하며, 복수의 센서 중 임의의 센서를 지칭할 때에는 i 번째 센서로 명시하겠으나 이러한 용어에 본 명세서의 실시 예가 제한되지는 않는다.
- [0038] 도 3은 일 실시 예에 따른 주파수 스펙트럼 센싱 장치의 기능블록도이다. 도 3에는 본 실시 예와 관련된 구성요

소들이 도시되어 있으나 이에 제한되는 것은 아니며 도 3에 도시된 구성요소들 외에 다른 범용적인 구성요소들이 더 포함될 수 있다.

[0039] 도 3을 참조하면, 센싱 장치(300)는 샘플획득부(310), 샘플확인부(320) 및 주사용자 확인부(330)를 포함할 수 있다. 샘플획득부(310), 샘플확인부(320) 및 주사용자 확인부(330) 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.

[0040] 경우에 따라, 센싱 장치(300)는 메모리 및 프로세서를 포함하는 형태로 구현될 수 있다. 이러한 경우 메모리는 센싱 장치(300)와 관련된 다양한 데이터, 예를 들어 센싱 장치(300)의 동작을 위한 적어도 하나의 명령어(instruction)를 포함할 수 있으며, 프로세서는 메모리에 저장된 데이터를 기초로 센싱 장치(300)의 샘플획득부(310), 샘플확인부(320) 및 주사용자 확인부(330) 각 구성과 관련된 동작을 수행할 수 있다.

[0041] 샘플획득부(310)는 복수의 센서 각각으로부터 압축센싱 샘플을 획득할 수 있다. 여기서, 복수의 센서는 저전력 또는 저전력의 IoT(Internet of Things) 센서로 구현되어 각각 서로 다른 위치에 배치될 수 있으나 이에 제한되지는 않는다.

[0042] 실시 예에서, 압축센싱 샘플에 대응하는 신호의 주파수 스펙트럼과 관련하여, 시간에 따라 신호의 주파수 스펙트럼은 변화할 수 있다. 이러한 경우 주파수 스펙트럼에 대한 성긴 값이 변화될 수 있다. 다만, 주파수 스펙트럼의 특성은 성긴 값의 변화 여부와 관계없이 성긴 특성을 가질 수 있다. 또한, 주파수 스펙트럼은 광대역 주파수 스펙트럼에 대응할 수 있다.

[0043] 실시 예에서, 복수의 센서 각각은 특정 신호를 감지함에 기초하여 압축센싱을 수행함으로써 압축센싱 샘플을 획득할 수 있다. 구체적으로 예를 들면, 복수의 센서 각각은 하기의 수학식 1에 기초하여 압축센싱 샘플을 획득할 수 있다.

수학식 1

[0044]
$$y_i = \phi_i^T F^{-1} s + w_i, y_i \in C$$

[0045] y_i 는 복수의 센서 중 i 번째 센서에서 획득되는 압축센싱 샘플, ϕ_i 는 i 번째 센서에서 사용되는 압축센싱 벡터, T 는 트랜스포즈, F^{-1} 는 역푸리에 트랜스폼, s 는 원신호, w_i 는 i 번째 센서에 수신되는 가우시안 노이즈, C 는 복소수 값을 나타낸다. 여기서, 원신호 s 는 $s \in R^{N \times 1}$ 를 만족하고, 압축센싱 벡터 ϕ_i 는 $\phi_i \in R^{N \times 1}$ 를 만족하며, 역푸리에 트랜스폼 F^{-1} 는 $F^{-1} \in C^{N \times N}$ 를 만족할 수 있다.

[0046] 복수의 센서 각각은 획득된 압축센싱 샘플을 샘플획득부(310)에 전송할 수 있다. 샘플획득부(310)는 복수의 센서 각각으로부터 전송된 압축센싱 샘플을 수신함으로써 압축센싱 샘플을 획득할 수 있다.

[0047] 실시 예에서, 복수의 센서의 개수는 주파수 스펙트럼의 최대 성긴 값에 대응하여 요구되는 최소 압축센싱 샘플의 개수 보다 많을 수 있다. 예를 들어 복수의 센서에 의해 센싱 가능한 주파수 스펙트럼과 관련하여 통계적으로 미리 결정된 최대 성긴 값에 대응하는 최소 압축센싱 샘플의 개수가 10개인 경우 복수의 센서의 개수는 11개일 수 있다. 다만, 이에 제한되는 것은 아니고 경우에 따라 복수의 센서의 개수는 주파수 스펙트럼의 최대 성긴 값에 대응하여 요구되는 최소 압축센싱 샘플의 개수와 같을 수도 있다.

[0048] 실시 예에서, 샘플획득부(310)는 복수의 센서 각각의 센싱 벡터에 대한 정보를 기초로 압축센싱 샘플을 획득할 수 있다. 여기서 센싱 벡터는 복수의 센서 각각을 나타내는 지시자에 대응할 수 있으며, 센싱 벡터에 대한 정보는 미리 저장된 것일 수 있다. 샘플획득부(310)는 복수의 센서로부터 압축센싱 샘플을 획득하면 하기의 수학식 2에 기초하여 압축센싱 샘플을 취합할 수 있다.

수학식 2

[0049] $y = [y_1, \dots, y_L]^T = \Phi F^{-1} s + w, y \in R^{L \times 1}, \text{ where } \Phi = [\phi_1, \dots, \phi_L]^T, \Phi \in R^{L \times N}$

[0050] y 는 취합된 압축센싱 샘플, L 은 복수의 센서의 개수, Φ 는 취합된 압축센싱 샘플의 벡터 값, w 는 각 센서에서 수신되는 가우시안 노이즈를 벡터화 한 것이며, N 은 원신호의 길이를 나타낸다.

[0051] 샘플확인부(320)는 획득된 압축센싱 샘플의 복원을 기초로 획득된 압축센싱 샘플에 대응하는 주파수 스펙트럼과 관련된 최소 압축센싱 샘플의 수를 확인할 수 있다.

[0052] 실시 예에서, 샘플확인부(320)는 주파수 스펙트럼의 평균 성긴 값, 최소 성긴 값, 평균 성긴 값에 대응하는 평균 압축센싱 샘플의 수, 최소 성긴 값에 대응하는 최소 압축센싱 샘플의 수 및 압축센싱 샘플의 수의 증가 값을 이용하여, 제1 압축센싱 샘플 수 및 제2 압축센싱 샘플 수 각각에 대한 상기 주파수 스펙트럼의 원신호를 복원할 수 있다. 여기서, 주파수 스펙트럼의 평균 성긴 값, 최소 성긴 값, 평균 성긴 값에 대응하는 평균 압축센싱 샘플의 수, 최소 성긴 값에 대응하는 최소 압축센싱 샘플의 수는 주파수 스펙트럼의 통계적 특성을 기초로 미리 지정된 값일 수 있다. 압축센싱 샘플의 수의 증가 값은 임의의 값으로 미리 지정될 수 있다. 제1 압축센싱 샘플 수는 제2 압축센싱 샘플 수 보다 상기 증가 값만큼 적은 임의의 수일 수 있다.

[0053] 예를 들어, 제1 압축센싱 샘플 수가 2이고, 증가 값이 3인 경우 제2 압축센싱 샘플 수는 5일 수 있다. 이러한 경우 샘플확인부(320)는 압축센싱 샘플 수가 2개인 경우와 5개인 경우 각각에 대한 압축센싱 샘플에 대응하는 주파수 스펙트럼의 원신호를 복원할 수 있다.

[0054] 보다 구체적으로 설명하면, 샘플확인부(320)는 압축센싱 샘플 수의 초기화 값으로 주파수 스펙트럼의 최소 성긴 값에 대응하는 최소 압축센싱 샘플의 수, 취합된 압축센싱 샘플(예: 수학식 2의 y), 취합된 압축센싱 샘플의 벡터 값(예: 수학식 2의 Φ), 미리 지정된 임의의 교차상관 값(ρ_{thres})를 이용하여 반복적으로 L1 최소화 문제를 풀어서 원신호를 복원할 수 있다.

[0055] 실시 예에서, 샘플확인부(320)는 제1 압축센싱 샘플 수에 대응하는 원신호와 제2 압축센싱 샘플 수에 대응하는 원신호의 교차상관 값이 미리 지정된 조건을 만족하는 경우, 제1 압축센싱 샘플 수를 주파수 스펙트럼과 관련된 최소 압축센싱 샘플의 수로 확인할 수 있다.

[0056] 보다 구체적으로, 샘플확인부(320)는 L1 최소화 문제를 기초로 i 번째 복원된 원신호를 $\hat{s}^{(i)}$ 라 하고, $i-1$ 번째 복원된 원신호를 $\hat{s}^{(i-1)}$ 라 할 때, $\hat{s}^{(i)}$ 와 $\hat{s}^{(i-1)}$ 의 교차상관 값 중 최대값(ρ_i)를 미리 지정된 교차상관 값(ρ_{thres})과 비교할 수 있다. 샘플확인부(320)는 $\rho_i > \rho_{thres}$ 를 만족할 때까지 압축센싱 샘플 개수와 센싱 벡터 개수를 기지정된 숫자에 대응하는 M_{step} 만큼 추가하며 반복할 수 있다.

[0057] 예를 들어 첫번째로 복원된 원신호는 최소 성긴 값에 대응하는 최소 압축센싱 샘플의 수에 대응하여 복원된 원신호를 포함하고, 두번째로 복원된 원신호는 최소 성긴 값에 대응하는 최소 압축센싱 샘플의 수에 M_{step} 만큼 추가된 수만큼의 샘플의 수(이하, 두번째 샘플의 수)를 기초로 복원된 원신호를 포함할 수 있다. 샘플확인부(320)는 첫번째로 복원된 원신호와 두번째로 복원된 원신호 사이의 교차상관 값을 구하고 그 최대값이 미리 지정된 교차상관 값보다 큰지 여부를 확인할 수 있다. 만약, 상기 최대값이 미리 지정된 교차상관 값보다 크지 않은 경우(또는 작은 경우) 샘플확인부(320)는 상기 두번째 샘플의 수에 M_{step} 만큼 추가된 수만큼의 샘플의 수(이하, 세번째 샘플의 수)를 기초로 원신호를 복원하고, 복원된 원신호와 두번째 샘플의 수에 대응하여 복원된 원신호의 교차상관 값을 구해 상기의 비교 과정을 반복할 수 있다.

[0058] 샘플확인부(320)는 상술한 비교 과정을 $\rho_i > \rho_{thres}$ 조건을 만족할 때까지 수행할 수 있다. 만약 샘플확인부

(320)는 $\rho_i > \rho_{thres}$ 조건을 만족하는 경우 이 때의 i 값을 현재 성긴 값에 따른 최소의 압축센싱 샘플 개수로 확인할 수 있다.

- [0059] 실시 예에서, 샘플확인부(320)는 $\rho_i > \rho_{thres}$ 의 만족 여부의 판단과 관련하여 교차상관 값의 확인을 위한 $s^{(i-1)}$ 에 대응하는 복원된 원신호가 없는 경우, 일 예로 최초 교차상관 값을 구하고자 하는 경우 교차상관 값을 구하는 과정은 생략될 수 있다. L1 최소화 문제는 L1 최소화 기법으로 지칭될 수도 있으며, 이와 관련하여서는 통상의 기술자에게 용이한 바 구체적인 설명은 생략하겠다.
- [0060] 상술한 샘플확인부(320)의 동작과 관련된 구체적인 알고리즘의 예는 도 5를 참조할 수 있다.
- [0061] 주사용자 확인부(330)는 확인된 샘플의 수 및 획득된 압축센싱 샘플을 이용하여 주파수 스펙트럼의 주사용자 사용유무를 확인할 수 있다.
- [0062] 실시 예에서, 주사용자 확인부(330)는 복수의 센서 각각으로부터 획득된 압축센싱 샘플을 확인된 최소 압축센싱 샘플의 수를 기초로 그룹핑하여 적어도 하나의 샘플 그룹을 생성할 수 있다. 일 예로, 주사용자 확인부(330)는 최소 압축센싱 샘플의 수 이상의 샘플을 포함하는 샘플 그룹을 형성할 수 있다. 또한 샘플 그룹의 수는 최대로 형성될 수 있다. 예를 들어, 최소 압축센싱 샘플의 수가 3개이고 획득된 압축센싱 샘플이 10개인 경우, 주사용자 확인부(330)는 10개의 압축센싱 샘플을 3개의 압축센싱 샘플을 포함하는 제1 샘플 그룹, 또 다른 3개의 압축센싱 샘플을 포함하는 제2 샘플 그룹, 나머지 4개의 압축센싱 샘플을 포함하는 제3 샘플 그룹으로 그룹핑할 수 있다.
- [0063] 실시 예에 따라, 주사용자 확인부(330)는 최소 압축센싱 샘플 수로, 협력적 스펙트럼 센싱에 사용 가능한 그룹의 수를 산출할 수 있다. 예를 들어 주사용자 확인부(330)는 획득된 압축센싱 샘플의 수를 최소 압축센싱 샘플 수로 나누어 획득되는 값을 협력적 스펙트럼 센싱에 사용 가능한 그룹의 수로 결정할 수 있다. 만약 획득되는 값이 소수점으로 나타나는 경우 내림을 수행하여 정수 부분을 그룹의 수로 결정할 수 있다.
- [0064] 주사용자 확인부(330)는 적어도 하나의 샘플 그룹 각각에 대응하는 원신호를 복원할 수 있다. 예를 들어 주사용자 확인부(330)는 제1 샘플 그룹, 제2 샘플 그룹 및 제3 샘플 그룹 각각에 대응하는 원신호를 복원할 수 있다. 협력적 스펙트럼 센싱은 복수의 센서를 이용하여 스펙트럼 센싱을 수행하는 센싱 방법을 포함할 수 있다.
- [0065] 주사용자 확인부(330)는 복원된 원신호의 각 원소를 미리 설정된 값과 비교하여 바이너리 경판정(hard decision)을 수행할 수 있다. 주사용자 확인부(330)는 바이너리 경판정의 수행을 기초로 원신호에 대응하는 주파수 스펙트럼의 서브 밴드 별 주사용자 사용유무를 확인할 수 있다. 한편, 바이너리 경판정은 통상의 기술자에게 용이한바 구체적인 설명은 생략하겠다.
- [0066] 주사용자 확인부(330)는 과반수 합성 룰(majority fusion rule)을 기초로 주사용자 사용유무를 확인할 수 있다. 구체적으로 주사용자 확인부(330)는 제1 샘플 그룹, 제2 샘플 그룹 및 제3 샘플 그룹 각각에 대응하는 원신호의 서브 밴드를 비교하여 그 중 과반수가 일치하는 결과를 기초로 주사용자 사용유무를 확인할 수 있다.
- [0067] 예를 들어, 제1 샘플 그룹, 제2 샘플 그룹 및 제3 샘플 그룹 각각에 대해 복원된 원신호 각각을 제1 원신호, 제2 원신호, 제3 원신호라 할 때, 주사용자 확인부(330)는 제1 원신호, 제2 원신호, 제3 원신호 각각의 제1 서브 밴드에 대해 주사용자 사용유무를 확인할 수 있다. 만약 제1 서브 밴드에 대해 제1 원신호 및 제2 원신호는 주사용자가 현재 주파수 스펙트럼을 사용하는 것으로 결과가 확인되고 제3 원신호는 주사용자가 현재 주파수 스펙트럼을 사용하는 것으로 확인되면, 과반이 의미하는 결과에 따라 제1 서브 밴드는 주사용자가 현재 주파수 스펙트럼을 사용하는 것으로 확인할 수 있다. 주사용자 확인부(330)는 원신호의 나머지 서브 밴드에 대해서도 상술한 과정을 반복하여 각 서브 밴드 별 주사용자 사용유무를 확인할 수 있다.
- [0068] 상술한 주사용자 확인부(330)의 동작과 관련된 구체적인 알고리즘의 예는 도 6을 참고할 수 있다.
- [0069] 실시 예에서, 주사용자 확인부(330)는 주사용자의 사용유무의 확인에 대응하여, 주파수 스펙트럼의 주사용자의 사용유무에 대한 정보를 복수의 센서 각각에 전송할 수 있다. 예를 들어, 주사용자 확인부(330)는 주파수 스펙트럼의 각 서브 밴드 별 주사용자 사용유무가 확인되면, 주사용자가 사용하지 않는 것으로 확인된 서브 밴드에 대한 정보를 복수의 센서 각각에 전송할 수 있다. 다른 예를 들면, 주사용자 확인부(330)는 주파수 스펙트럼의 각 서브 밴드 별 주사용자 사용유무가 확인되면, 주사용자가 사용하는 것으로 확인된 서브 밴드에 대한 정보를 복수의 센서 각각에 전송할 수 있다.

- [0070] 이러한 경우, 복수의 센서는 주사용자의 사용유무에 대한 정보를 기초로 주파수 스펙트럼의 서브 밴드 중 주사용자가 사용하지 않는 것으로 확인된 서브 밴드를 통해 통신을 수행할 수 있다.
- [0071] 도 4는 일 실시 예에 따른 주파수 스펙트럼 센싱 방법의 각 단계의 흐름도이다. 도 4에 도시된 방법의 각 단계는 경우에 따라 도면에 도시된 바와 그 순서를 달리하여 수행될 수 있다. 이하에서는 앞서 도 1 내지 도 3에서 서술한 내용과 중복되는 내용이 생략될 수 있다.
- [0072] 도 4의 단계 410에서, 센싱 장치는 복수의 센서 각각으로부터 압축센싱 샘플을 획득할 수 있다. 구체적으로, 센싱 장치는 복수의 센서 각각이 획득한 압축센싱 샘플을 복수의 센서로부터 획득할 수 있다. 이러한 경우, 센싱 장치는 복수의 센서 각각에 대응하는 센싱 벡터를 기초로 복수의 센서를 인식함에 기초하여 압축센싱 샘플을 획득할 수 있다.
- [0073] 실시 예에서, 센싱 장치는 복수의 센서 각각으로부터 획득된 압축센싱 샘플을 취합할 수 있다. 이와 관련하여서는 도 3에 대한 설명을 통해 상술한 바 구체적인 내용은 생략하겠다.
- [0074] 단계 420에서, 센싱 장치는 획득된 압축센싱 샘플에 대응하는 주파수 스펙트럼과 관련된 최소 압축센싱 샘플의 수를 확인할 수 있다. 센싱 장치는 획득된 압축센싱 샘플에 대한 원신호를 복원할 수 있다. 센싱 장치는 복원된 원신호를 기초로 획득된 압축센싱 샘플에 대응하는 주파수 스펙트럼과 관련된 최소 압축센싱 샘플의 수를 확인할 수 있다.
- [0075] 실시 예에서, 센싱 장치는 주파수 스펙트럼의 평균 성긴 값, 최소 성긴 값, 평균 성긴 값에 대응하는 평균 압축센싱 샘플의 수, 최소 성긴 값에 대응하는 최소 압축센싱 샘플의 수 및 기지정된 압축센싱 샘플의 수의 증가 값을 이용하여, 제1 압축센싱 샘플 수 및 제2 압축센싱 샘플 수 각각에 대한 상기 주파수 스펙트럼의 원신호를 복원할 수 있다. 센싱 장치는 제1 압축센싱 샘플 수에 대응하는 원신호와 제2 압축센싱 샘플 수에 대응하는 원신호의 교차상관 값이 미리 지정된 조건을 만족하는 경우, 제1 압축센싱 샘플 수를 상기 주파수 스펙트럼과 관련된 최소 압축센싱 샘플의 수로 확인할 수 있다. 이 때, 제1 압축센싱 샘플 수는 상기 제2 압축센싱 샘플 수 보다 상기 기지정된 압축센싱 샘플 수만큼 적을 수 있다.
- [0076] 실시 예에서, 센싱 장치는 압축센싱 샘플을 획득하면 미리 지정된 압축센싱 샘플의 수를 기준으로 순차적으로 샘플의 수를 증가시켜 각각에 대한 원신호를 복원할 수 있다. 이 때 센싱 장치는 상기의 샘플의 수를 증가시키는 방식에 따라 i 번째 복원된 원신호와 $i-1$ 번째 복원된 원신호에 대한 교차상관 값을 구하여 교차상관 값이 미리 지정된 기준을 만족하는지 여부를 확인할 수 있다. 센싱 장치는 교차상관 값이 미리 지정된 기준을 만족하는 경우 i 번째 복원된 원신호에 대응하는 샘플의 수를 최소 압축센싱 샘플의 수로 확인할 수 있다. 한편, 이와 관련된 보다 구체적인 설명은 도 3에 대한 설명을 통해 상술한 바 생략하겠다.
- [0077] 단계 430에서, 센싱 장치는 확인된 샘플의 수 및 획득된 압축센싱 샘플을 이용하여 주파수 스펙트럼의 주사용자 사용유무를 확인할 수 있다.
- [0078] 실시 예에서, 센싱 장치는 복수의 센서 각각으로부터 획득된 압축센싱 샘플을 확인된 최소 압축센싱 샘플의 수를 기초로 그룹핑하여 적어도 하나의 샘플 그룹을 생성할 수 있다. 일 예로, 센싱 장치는 한 그룹 당 최소 압축센싱 샘플의 수 이상의 샘플이 포함되도록 획득된 압축센싱 샘플을 그룹핑할 수 있다. 경우에 따라 센싱 장치는 그룹이 최대의 개수가 되도록 그룹핑을 수행할 수 있다. 구체적으로 예를 들면 최소 압축센싱 샘플의 수가 3개 이고 획득된 압축센싱 샘플의 수가 11개인 경우, 센싱 장치는 11개의 압축센싱 샘플을 3개, 3개, 4개로 구분하여 그룹핑할 수 있다.
- [0079] 다른 예로, 센싱 장치는 획득된 압축센싱 샘플의 수를 최소 압축센싱 샘플 수로 나누어 획득되는 값을 협력적 스펙트럼 센싱에 사용 가능한 그룹의 수로 결정할 수 있다. 만약 획득되는 값이 소수점으로 나타나는 경우 내림을 수행하여 정수 부분을 그룹의 수로 결정하고 각 그룹에 최소 압축센싱 샘플의 수 이상이 포함되도록 그룹핑을 수행할 수 있다.
- [0080] 센싱 장치는 적어도 하나의 샘플 그룹 각각에 대응하는 원신호를 복원할 수 있다. 센싱 장치는 협력적 스펙트럼 센싱을 위해 그룹 각각에 대한 원신호를 복원할 수 있다. 센싱 장치는 복원된 원신호의 각 원소를 미리 설정된 값과 비교하여 바이너리 경판정(hard decision)을 수행할 수 있다. 센싱 장치는 바이너리 경판정을 기초로 각 그룹에 대응하여 복원된 원신호 각각의 서브 밴드 별 주사용자 사용유무를 확인할 수 있다. 한편, 바이너리 경판정은 통상의 기술자에게 용이한 바 구체적인 설명은 생략하겠다.
- [0081] 센싱 장치는 서브 밴드 별 주사용자 사용유무 여부와 과반수 합성 률을 기초로 주파수 스펙트럼의 서브 밴드 별

주사용자 사용유무를 확인할 수 있다. 구체적으로, 그룹핑된 그룹이 제1 샘플 그룹, 제2 샘플 그룹 및 제3 샘플 그룹을 포함하는 경우, 센싱 장치는 각 샘플 그룹에 대응하여 복원된 원신호의 서브 밴드에 대한 주사용자 사용유무를 비교할 수 있다. 센싱 장치는 동일 서브 밴드에 대한 각 샘플 그룹별 주사용자 사용유무 결과에 대해 과반수가 일치하는 결과를 주파수 스펙트럼의 해당 서브 밴드에 대한 주사용자 사용유무 결과로 확인할 수 있다.

[0082] 구체적으로 예를 들면, 제1 샘플 그룹, 제2 샘플 그룹 및 제3 샘플 그룹 각각에 대해 복원된 원신호 각각을 제1 원신호, 제2 원신호, 제3 원신호라 할 때, 센싱 장치는 제1 원신호, 제2 원신호, 제3 원신호 각각의 제1 서브 밴드에 대해 주사용자 사용유무를 확인할 수 있다. 만약 제1 서브 밴드에 대해 제1 원신호 및 제2 원신호는 주사용자가 현재 주파수 스펙트럼을 사용하는 것으로 결과가 확인되고 제3 원신호는 주사용자가 현재 주파수 스펙트럼을 사용하는 것으로 확인되면, 과반이 의미하는 결과에 따라 제1 서브 밴드는 주사용자가 현재 주파수 스펙트럼을 사용하는 것으로 확인할 수 있다. 주사용자 확인부(330)는 원신호의 나머지 서브 밴드에 대해서도 상술한 과정을 반복하여 각 서브 밴드 별 주사용자 사용유무를 확인할 수 있다.

[0083] 센싱 장치는 주사용자의 사용유무의 확인에 대응하여, 주파수 스펙트럼의 주사용자의 사용유무에 대한 정보를 복수의 센서 각각에 전송할 수 있다. 복수의 센서는 주사용자의 사용유무에 대한 정보 수신을 기초로 주사용자가 사용하지 않는 적어도 하나의 서브 밴드를 통해 통신을 수행할 수 있다.

[0084] 실시 예에서, 도 4에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램으로 기록되어 컴퓨터로 읽을 수 있는 비일시적 기록매체에 저장될 수 있다. 이러한 경우 기록매체를 컴퓨터로 읽음에 기초하여 도 4에 따른 방법이 수행될 수 있다.

[0085] 도 5는 일 실시 예에 따른 주파수 스펙트럼 센싱을 위해 최소 압축센싱 샘플의 수를 확인하기 위한 알고리즘의 예를 나타낸다. 구체적으로, 도 5는 성긴 값 K 에 따른 최소 압축센싱 샘플의 수 \hat{M} 를 추정하는 알고리즘의 예를 나타낸다.

[0086] 도 5를 참조하면, 스펙트럼의 통계적 특성을 통해서 평균 성긴 값 K_{mean} 과 최소 성긴 값 K_{min} 은 사전 정보로 알고 있고 이를 통해 M_{mean} 과 M_{min} 을 알고 있다고 가정한다. 센싱 장치는, 최초 입력 값으로 $y \in C^{L \times 1}$, $\Phi \in R^{L \times N}$, ρ_{thres} 를 이용하고, 추정하고자 하는 압축센싱 샘플 개수 \hat{M} 는 초기 값으로 M_{min} 을 이용할 수 있다.

[0087] 이후 센싱 장치는 반복적으로 L1 최소화 문제를 풀어서 원신호 \hat{s} 를 복원하는데, 이를 위해 센싱 장치는 i 값만큼의 압축센싱 샘플과 센싱 벡터를 이용될 수 있다. i 번째 복원된 원신호를 $\hat{s}^{(i)}$ 라하면, 센싱 장치는 $\hat{s}^{(i)}$ 와 $\hat{s}^{(i-1)}$ 의 교차상관 값 중 최대값 ρ_i 를 미리 지정된 ρ_{thres} 와 비교하여 $\rho_i > \rho_{thres}$ 라는 조건을 만족하는지 확인할 수 있다.

[0088] 센싱 장치는 $\rho_i > \rho_{thres}$ 라는 조건이 만족되지 않으면 상기 조건이 만족될 때까지 압축센싱 샘플의 수와 센싱 벡터의 수(예: i)를 M_{step} 만큼씩 증가시켜 상기의 조건을 만족하는지 여부를 판별하는 과정을 반복할 수 있다. 여기서, M_{step} 는 미리 지정된 값일 수 있다. 최초 시행 시 $\hat{s}^{(i-1)}$ 가 없는 경우 교차상관 값을 구하는 과정은 생략될 수 있다.

[0089] 센싱 장치는 $\rho_i > \rho_{thres}$ 조건을 만족하는 경우 이 때의 i 값을 현재 시간에서 성긴 값 K 에 따른 최소 압축센싱 샘플의 수 \hat{M} 으로 결정할 수 있다.

[0090] 도 6은 일 실시 예에 따른 주파수 스펙트럼 센싱을 위해 주사용자 사용유무를 확인하기 위한 알고리즘의 예를 나타낸다. 구체적으로, 도 6은 과반수 합성 룰에 따른 협력적 스펙트럼 센싱을 수행하여 주파수 스펙트럼에 대

한 주사용자 사용유무를 확인하기 위한 알고리즘의 예를 나타낸다.

[0091] 도 6을 참조하면, 도 5에 따른 알고리즘에 의해 확인된 최소 압축센싱 샘플의 수 \hat{M} 과 압축센싱 샘플의 수 L 을 이용하여 스펙트럼 센싱에 사용 가능한 그룹의 수 N_{coop} 를 구할 수 있고, 센싱 장치는 이를 초기화 값으로 이용할 수 있다.

[0092] 센싱 장치는 최초 입력 값으로 $y \in C^{L \times 1}$, $\Phi \in R^{L \times N}$, γ_{thres} 를 이용하고 상술한 바와 같이 N_{coop} 초기화 값으로 이용할 수 있다.

[0093] 센싱 장치는 \hat{M} 개의 압축센싱 샘플과 \hat{M} 개의 센싱 벡터를 통해 N_{coop} 번 만큼 원신호 \hat{s} 를 복원할 수 있다. 도 6에 의하면, 센싱 장치는 y 의 $(j-1)\hat{M}+1$ 에서 $j\hat{M}$ (여기서, j 는 1부터 N_{coop} 까지 순차적으로 증가하는 값)까지 원소로 된 $y_{(j-1)\hat{M}+1:j\hat{M}} = [y_{(j-1)\hat{M}+1}, y_{(j-1)\hat{M}+2}, \dots, y_{j\hat{M}}]^T \in C^{\hat{M} \times 1}$ 와, Φ 의 $(j-1)\hat{M}+1$ 행에서 $j\hat{M}$ 행으로 된 서브 매트릭스 $\Phi_{(j-1)\hat{M}+1:j\hat{M}} = [\phi_{(j-1)\hat{M}+1}^T, \phi_{(j-1)\hat{M}+2}^T, \dots, \phi_{j\hat{M}}^T]^T \in R^{\hat{M} \times N}$ 를 사용하여 원신호 \hat{s} 를 복원할 수 있다. (여기서, j 번째 복원된 원신호 \hat{s} 를 \hat{s}_j^i 라 한다)

[0094] 센싱 장치는 j 번째로 복원된 원신호 \hat{s}_j^i 의 각 원소와 미리 지정된 γ_{thres} 값을 비교하여 바이너리 경관정(hard decision)을 할 수 있다. 이에 대한 결과로 센싱 장치는 $\hat{d}_j \in \{0, 1\}^N$ 를 얻게 될 수 있다. 여기서 $\hat{d}_j(i)$ 는 관찰하는 주파수 스펙트럼(또는 광대역 주파수 스펙트럼, 또는 광대역 스펙트럼)을 N 개의 서브 밴드나 대상 중 i 번째 서브 밴드에 대한 주사용자의 사용유무(또는 존재유무)를 뜻하게 된다. 예를 들어, $\hat{d}_j(i)=1$ 일 때 i 번째 서브 밴드는 주사용자에 의해 사용되고 있고, 0인 경우 i 번째 서브 밴드는 주사용자에 의해 사용되지 않음을 의미할 수 있다.

[0095] 센싱 장치는 상기의 과정을 샘플 그룹 각각에 대해 반복할 수 있다. 즉 센싱장치는 상기의 주사용자 사용유무 확인 과정을 N_{coop} 번 반복하여 \hat{d}_1 에서 $\hat{d}_{N_{coop}}$ 까지 얻어지게 되면, 과반수 합성 룰에 의해 D_M 을 산출할 수 있다. 여기서, $D_M(i)$ 은 과반수 합성 룰에 결정된 주파수 스펙트럼의 i 번째 서브 밴드의 주사용자 사용유무를 나타낼 수 있다.

[0096] 이와 같이 최소 압축센싱 샘플의 수를 기초로 그룹을 나누고 그룹 각각에 대해 원신호를 복원하는 경우 원신호에 대한 다양한 샘플을 획득할 수 있다. 이와 같이 획득된 샘플을 기반으로 주파수 스펙트럼의 서브 밴드 별 주사용자 사용유무를 확인함으로써 주사용자 사용유무에 대한 결과의 정확도가 향상될 수 있다.

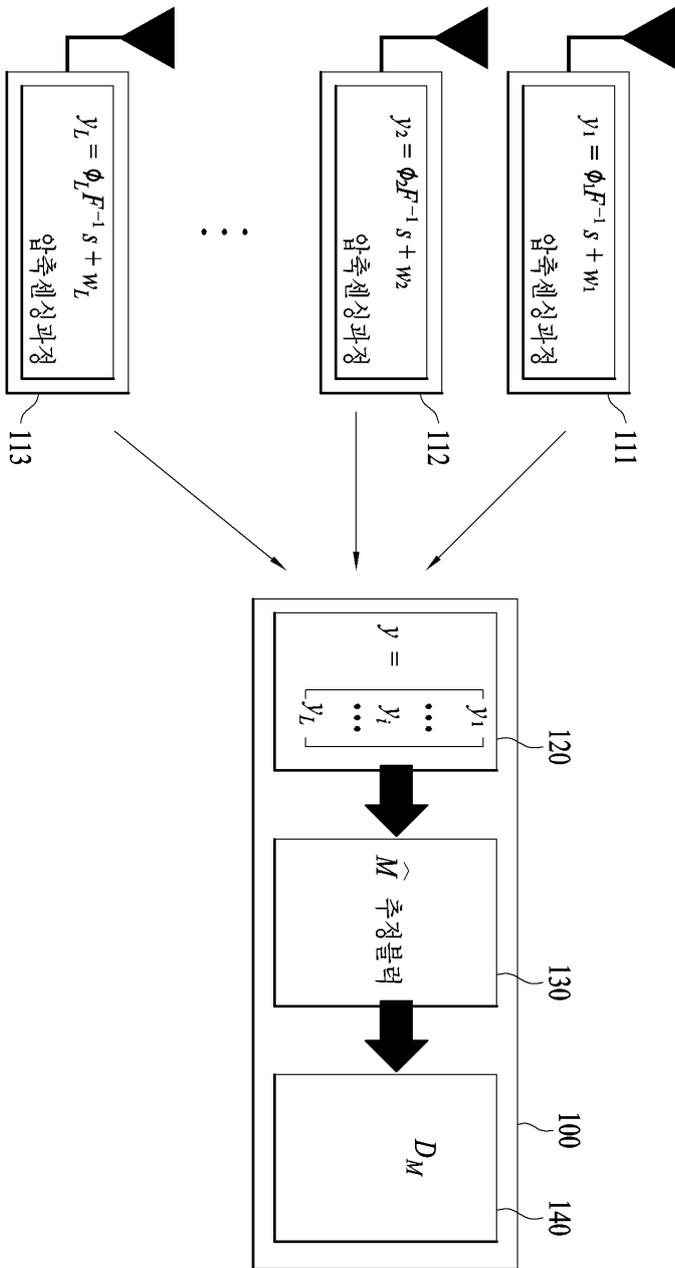
[0097] 전술한 실시 예들에 따른 전자 장치는 프로세서, 프로그램 데이터를 저장하고 실행하는 메모리, 디스크 드라이브와 같은 영구 저장부(permanent storage), 외부 장치와 통신하는 통신 포트, 터치 패널, 키(key), 버튼 등과 같은 사용자 인터페이스 장치 등을 포함할 수 있다. 소프트웨어 모듈 또는 알고리즘으로 구현되는 방법들은 상기 프로세서상에서 실행 가능한 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드들 또는 프로그램 명령들로서 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체 상에 저장될 수 있다. 여기서 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체로 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.

[0098] 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(assembly) 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.

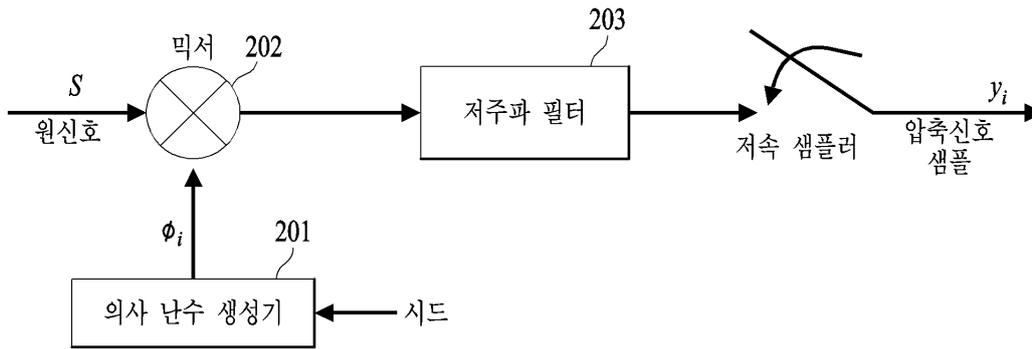
[0099] 전술한 실시 예들은 일 예시일 뿐 후술하는 청구항들의 범위 내에서 다른 실시 예들이 구현될 수 있다.

도면

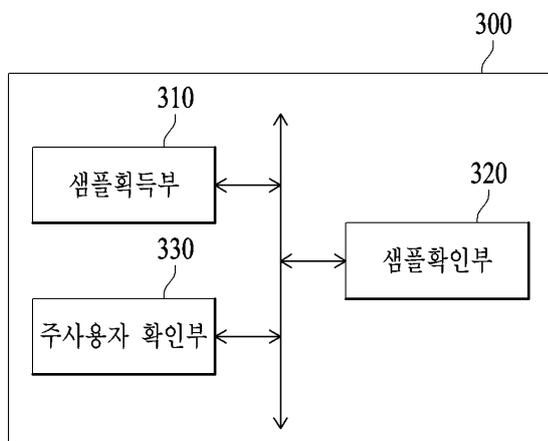
도면1



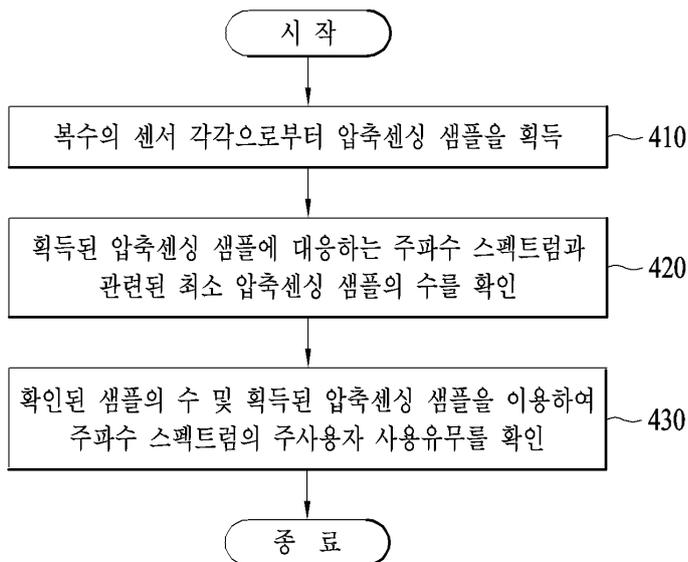
도면2



도면3



도면4



도면5

알고리즘 1.

- 1: 입력값 : $y \in C^{L \times 1}$, $\Phi \in R^{L \times N}$, ρ_{thres}
- 2: 초기화 : $\hat{M} := M_{min}$
- 3: for $i = M_{min}$ to L do
- 4: $\hat{s}^{(i)} = \arg \min \|s\|_1$ s.t. $y_{1:i} = \Phi_{1:i} F^{-1}s$, where $y_{1:i} = [y_1, \dots, y_i]^T$, $\Phi_{1:i} = [\Phi_1^T, \dots, \Phi_i^T]^T$
- 5: $\rho_i := \max R_{\hat{s}^{(i)} \hat{s}^{(i-1)}}(m) = \max E [\hat{s}^{(i)}(m+n) \hat{s}^{(i-1)}(n)]$
- 6: if $\rho_i > \rho_{thres}$
- 7: $\hat{M} = i$
- 8: else
- 9: $i := i + M_{step}$
- 10: end if
- 11: end for

도면6

알고리즘 2.

- 1: 입력값 : $y \in C^{L \times 1}$, $\Phi \in R^{L \times N}$, γ_{thres}
- 2: 초기화 : $N_{coop} := \lfloor L/\hat{M} \rfloor$
- 3: for $j = 1$ to N_{coop}
- 4: $\hat{s}_j = \arg \min \|s\|_1$ s.t. $y_{(j-1)\hat{M}+1:j\hat{M}} = \Phi_{(j-1)\hat{M}+1:j\hat{M}} F^{-1}s + w$
where $y_{(j-1)\hat{M}+1:j\hat{M}} = [y_{(j-1)\hat{M}+1}, y_{(j-1)\hat{M}+2}, \dots, y_{j\hat{M}}]^T \in C^{\hat{M} \times 1}$
 $\Phi_{(j-1)\hat{M}+1:j\hat{M}} = [\Phi_{(j-1)\hat{M}+1}^T, \Phi_{(j-1)\hat{M}+2}^T, \dots, \Phi_{j\hat{M}}^T]^T \in R^{\hat{M} \times N}$
- 5: $\hat{d}_j(i) = \begin{cases} 0, & |s_j(i)|^2 < \gamma_{thres} \\ 1, & |s_j(i)|^2 \geq \gamma_{thres} \end{cases}$, $\hat{d}_j \in \{0,1\}^N$
- 6: end for
- 7: $D_M(i) = \begin{cases} 1 & \sum_{j=1}^{N_{coop}} \hat{d}_j(i) \geq \frac{N_{coop}}{2} \\ 0 & otherwise \end{cases}$
