

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2017-0000758 (43) 공개일자 2017년01월03일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H04L 1/00 (2006.01)	(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)	
(52) CPC특허분류 H04L 1/005 (2013.01) H04L 1/0015 (2013.01)	(72) 발명자 강충구 서울특별시 성북구 인촌로17가길 64, 104동 1404호(안암동1가, 래미안안암아파트)	
(21) 출원번호 10-2015-0190062	아베베 아메하 세가예 서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 기숙사 G225-1	
(22) 출원일자 2015년12월30일 심사청구일자 2015년12월30일	(74) 대리인 전중학	
(30) 우선권주장 1020150090029 2015년06월24일 대한민국(KR)		

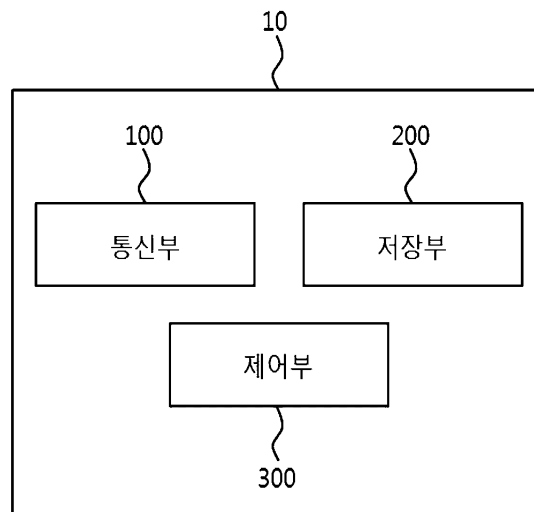
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 압축 센싱 신호에 대한 그룹 단위 반복 검출 장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 압축 센싱 신호에 대한 그룹 단위 반복 검출 장치 및 그 방법을 개시한다. 즉, 본 발명은 다수의 사용자들이 간헐적으로 전송할 때 각 사용자들을 구분하는 고유 수열로 확산하여 전송하는 다중 접속 시스템에서, 그룹 단위의 간헐적인 전송에 따른 특정 사용자의 전송 여부와 해당 신호를 동시에 검출함으로써, 그룹 단위로 모델링된 압축 센싱 방정식의 해를 구하는 GOMP 알고리즘보다 성능이 좋고 더 낮은 복잡도로 구현할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H04L 1/0052 (2013.01)

H04L 1/0054 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

압축 센싱 신호에 대한 그룹 단위 반복 검출 장치에 있어서,

상기 압축 센싱 신호를 수신하는 통신부; 및

IORLS(Iterative Order Recursive Least Square) 기반 추정 알고리즘에서 내부 루프와 외부 루프로 구성되는 반복 구조를 통해, 상기 압축 센싱 신호의 프레임 내의 모든 심볼들에 대한 활성화 정보를 근거로 반복적으로 가중치 행렬을 업데이트하여 최종적으로 모든 심볼의 추정치를 산출하는 제어부를 포함하는 그룹 단위 반복 검출 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 내부 루프에서, 상기 프레임 내의 심볼을 그룹 단위로 분할하고, 상기 분할된 그룹별 가중치 행렬을 근거로 각 그룹별로 다중 사용자 심볼을 검출하는 것을 특징으로 하는 그룹 단위 반복 검출 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 외부 루프에서, 상기 가중치 행렬을 다음의 수학적식을 통해 업데이트하며,

$$W_{nm}^{(l)} = \frac{\|\hat{d}^{(n)}\|_0}{N_c}$$

상기 $\hat{d}^{(n)}$ 은 사용자 n의 검출된 심볼들을 벡터로 나타내는 것을 특징으로 하는 그룹 단위 반복 검출 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 외부 루프에서, 상기 가중치 행렬을 다음의 수학적식을 통해 업데이트하며,

$$W_{nm}^{(n)} = \frac{\sum_{i=1}^{N_c} |W_{nm}^{(l-1)} A_n^H r_i^{(l(n))}|}{N_c}$$

상기 $r_i^{(l(n))}$ 은 l 번째 반복 과정에서 n 번째 열이 i 번째 심볼로 선택되었을 때 잔여 신호

$r_i^{(l)} = y_i - A \hat{X}_i^{(l)}$ 를 나타내는 것을 특징으로 하는 그룹 단위 반복 검출 장치.

청구항 5

압축 센싱 신호에 대한 그룹 단위 반복 검출 방법에 있어서,

통신부를 통해, 상기 압축 센싱 신호를 수신하는 단계; 및

제어부를 통해, IORLS(Iterative Order Recursive Least Square) 기반 추정 알고리즘에서 내부 루프와 외부 루프로 구성되는 반복 구조에 의해, 상기 압축 센싱 신호의 프레임 내의 모든 심볼들에 대한 활성화 정보를 근거로 반복적으로 가중치 행렬을 업데이트하여 최종적으로 모든 심볼의 추정치를 산출하는 단계를 포함하는 그룹 단위 반복 검출 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 IORLS(Iterative Order Recursive Least Square) 기반 추정 알고리즘에서 내부 루프와 외부 루프로 구성되는 반복 구조에 의해, 최종적으로 모든 심볼의 추정치를 산출하는 단계는,

상기 프레임 내의 심볼을 그룹 단위로 분할하는 과정;

상기 분할된 그룹별 가중치 행렬을 산출하는 과정;

상기 그룹별로 상기 산출된 가중치 행렬을 적용하여 가장 상관도가 높은 확산 수열을 순차적으로 탐색하여 검출하는 과정; 및

미리 설정된 횟수 내에서 가중치 행렬 산출 및 확산 수열 검출 과정을 반복하여 다중 사용자 검출을 수행하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 그룹 단위 반복 검출 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 압축 센싱 신호에 대한 그룹 단위 반복 검출 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 특히 다수의 사용자들이 간헐적으로 전송할 때 각 사용자들을 구분하는 고유의 수열로 확산하여 전송하는 다중 접속(multiple access) 시스템에서, 그룹 단위의 간헐적인 전송에 따른 특정 사용자의 전송 여부와 해당 신호를 동시에 검출하는 압축 센싱 신호에 대한 그룹 단위 반복 검출 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이동 통신에서는 다양한 형태의 다중 사용자 방식이 사용되며, 이 방식은 사용자들에게 서로 직교적으로 자원을 분할하여 할당하는 직교 다중접속 방식과 동일한 자원을 다수 사용자에게 동시에 할당하는 비직교 다중접속 방식으로 구분된다. 비직교 다중접속 방식 중의 하나는 각 사용자들에게 고유의 확산 수열(spreading sequence)을 할당하고, 각 사용자는 심볼을 전송할 때 자신의 수열로 확산하여 전송하며, 이러한 방식은 기존의 코드분할다중접속(Code Division Multiple Access: CDMA)에 해당한다. CDMA 시스템의 수신단에서는 각 사용자의 확산 수열을 이용하여 역확산을 하여 에너지 검출을 통해 각 사용자의 전송 심볼을 검출할 수 있다. 특히, 상향 링크의 경우에는 이때 사용자들의 확산 수열 간에 직교성이 유지되지 않는 것이 일반적이며, 한편으로 확산 수열의 길이가 충분히 길지 않을 경우에는 직교성을 갖는 확산 수열의 길이는 충분히 길지 않기 때문에 비직교성을 갖는 확산 수열을 할당할 수 밖에 없다. 이와 같이 확산 수열 간의 직교성을 보장할 수 없는 CDMA 상황에서 모든 사용자가 동시에 전송한다면 과부하로 인한 사용자들 간의 상호 간섭으로 성능을 제대로 확보할 수가 없게 된다. 한편, 필요한 데이터가 발생할 때만 간헐적으로 전송하게 되는 MTC(Machine type communication) 응용 장치들의 경우에는 모든 사용자가 동시에 전송하는 상황이 발생하지 않기 때문에 사용자들 간의 상호 간섭이 크지 않으므로 과부하 상황에서도 다중 사용자 신호의 검출이 가능해질 수 있다. 그러나, 이때에는 어느 사용자가 전송했는지를 알 수가 없는 상황이므로, 모든 확산 수열에 대해서 모두 검출을 시도해야 하는 복잡도 문제가 있고, 또한 모든 사용자를 동시에 고려해서 한꺼번에 검출할 수 있는 최적의 수신 방식(다중 사용자 검출 방식: multi-user detection scheme)을 적용할 수가 없기 때문에 수신 성능이 제한적이다.

[0003] 상향 링크 CDMA 방식을 MTC 통신에 적용하기 위한 시도가 있었으며, 이때 수신 신호를 모델링하면 도 1의 행렬 식으로 나타낼 수 있다.

[0004] 도 1에서 벡터 $\mathbf{x}$ 는 모든 MTC 단말들의 개별 심볼로 구성되는 벡터이며, 여기서는 K개의 MTC 단말이 존재하는 것을 가정한다. 이때 전송할 트래픽이 없는 MTC 단말의 경우에는 0의 값을 갖도록 하면, 벡터 $\mathbf{x}$ 는 0이 아닌 값과 0인 값으로 구성된다고 볼 수 있다. MTC 단말 트래픽의 특성에 의해 벡터 $\mathbf{x}$ 를 구성하는 0이 아닌 값의 숫자는 전체적으로 매우 많다고 볼 수 있다. 이때 0이 아닌 값을 갖는 MTC 단말의 수를 k라고 한다면, $k \ll K$ 을 가정할 수 있다. 그리고, 각 사용자 단말들을 구분하기 위한 확산 수열이 주어져 있다고 하면, 도 1에서 행렬 $\mathbf{A}$ 는 이들 확산 행렬을 열로 구성된 행렬을 나타낸다. 각 확산 수열의 길이는 M이라고 가정하며, 따라서 행렬 $\mathbf{A}$ 는 $M \times K$ 의 차원을 갖는다. 또한, 도 1의 수신 모델에서는 모든 사용자 간에 수신 동기가 일치한다고 가정하며, 따라서 수신 신호를 벡터 $\mathbf{y}$ 로 나타내며, 이는 $\mathbf{y} = \mathbf{A}\mathbf{x}$ 로 주어진다. 수신기에서는 행렬 $\mathbf{A}$ 를 알고 있다고 할 때, 벡터 $\mathbf{y}$ 를 수신한 후에 벡터 $\mathbf{x}$ 를 검출해야 한다. 이때 $M < K$ 을 가정하기 때문에, 각 사용자에게 할당되는 확산 수열들은 모두 상호간에 직교성을 유지할 수 없을 뿐만 아니라, 주어진 방정식의 숫자보다 모르는 변수의 수가 더 많기 때문에 해를 구할 수 없다. 물론 이때 어떤 사용자가 전송했는지를 안다면 해당 사용자의 확산 수열을 적용해서 역확산하여 검출할 수는 있지만, MTC 단말은 간헐적으로 전송을 수행하기 때문에 어떤 사용자가 활성화되었는지를 알 수가 없다. 이러한 상황에서는 검출이 불가능하나, 도 1의 방정식 $\mathbf{y} = \mathbf{A}\mathbf{x}$ 을 압축 센싱 문제로 해석하면 그 해를 구할 수 있는 알고리즘이 존재한다. 이에 해당하는 것인 Orthogonal Matching Pursuit (OMP) 알고리즘으로서, 매우 보편적인 해법으로 알려져 있다. 단, 특정한 조건을 만족해야만 OMP 알고리즘에 의해 해를 구할 수 있으며, 이는 일반적으로 $k \ll K$ 의 조건을 요구한다. 또한, OMP 알고리즘의 성능을 향상하기 위한 다른 형태의 알고리즘도 다수 제안된 바가 있다.

[0005] 도 1의 방정식 $\mathbf{y} = \mathbf{A}\mathbf{x}$ 에서 벡터 $\mathbf{x}$ 는 각 MTC 단말의 1개 심볼에 해당하는 값을 갖고 있으며, OMP 알고리즘에 의해 해를 구하고자 한다. 이때 각 사용자의 1개 심볼 단위로 검출하지 않고, 다수 개의 심볼로 구성된 프레임 단위로 검출한다면 보다 검출 성능을 향상할 수 있게 된다. 실제로 대부분의 시스템에서는 프레임 단위로 사용자들에게 전송할 기회가 주어지므로, MTC 단말의 활성화된 프레임 단위로 이루어진다고 볼 수 있다. 여기서, 한 프레임은 N_c 개의 심볼로 구성된다고 가정한다. 즉, MTC 단말이 활성화되면, 한 개 프레임에 속한 N_c 개 심볼이 모두 활성화된다.

[0006] 또한, 그룹 단위의 검출 방식을 통해 다중 사용자 검출 성능이 향상되지만, N_c 값이 증가하면서 지수적으로 복잡도가 증가하는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1229690호 [명칭: 이동통신 시스템에서의 그룹 기반 MTC 디바이스 제어 방법 및 장치]

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 다수의 사용자들이 간헐적으로 전송할 때 각 사용자들을 구분하는 고유의 수열로 확산하여 전송하는 다중 접속 시스템에서, 그룹 단위의 간헐적인 전송에 따른 특정 사용자의 전송 여부와 해당 신호를 동시에 검출하는 압축 센싱 신호에 대한 그룹 단위 반복 검출 장치 및 그 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 실시예에 따른 압축 센싱 신호에 대한 그룹 단위 반복 검출 장치는 압축 센싱 신호에 대한 그룹 단위 반복 검출 장치에 있어서, 상기 압축 센싱 신호를 수신하는 통신부; 및 IORLS(Iterative Order Recursive Least Square) 기반 추정 알고리즘에서 내부 루프와 외부 루프로 구성되는 반복 구조를 통해, 상기 압축 센싱 신호의 프레임 내의 모든 심볼들에 대한 활성화 정보를 근거로 반복적으로 가중치 행렬을 업데이트하여 최종적으로 모든 심볼의 추정치를 산출하는 제어부를 포함할 수 있다.

[0010] 본 발명과 관련된 일 예로서 상기 제어부는, 상기 내부 루프에서, 상기 프레임 내의 심볼을 그룹 단위로 분할하고, 상기 분할된 그룹별 가중치 행렬을 근거로 각 그룹별로 다중 사용자 심볼을 검출할 수 있다.

[0011] 본 발명과 관련된 일 예로서 상기 제어부는, 상기 외부 루프에서, 상기 가중치 행렬을 다음의 수학적식을 통해 업

데이트하며,
$$W_m^{(l)} = \frac{\|\hat{d}^{(n)}\|_0}{N_c}$$
 상기 $\hat{d}^{(n)}$ 은 사용자 n의 검출된 심볼들을 벡터로 나타낼 수 있다.

[0012] 본 발명과 관련된 일 예로서 상기 제어부는, 상기 외부 루프에서, 상기 가중치 행렬을 다음의 수학적식을 통해 업

데이트하며,
$$W_m^{(n)} = \frac{\sum_{i=1}^{N_c} |W_m^{(l-1)} A_n^H r_i^{(l(n))}|}{N_c}$$
 상기 $r_i^{(l(n))}$ 은 l 번째 반복 과정에서 n 번째 열이 i 번째 심볼로 선택되었을 때 잔여 신호 $r_i^{(l)} = y_i - A \hat{X}_i^{(l)}$ 를 나타낼 수 있다.

[0013] 본 발명의 실시예에 따른 압축 센싱 신호에 대한 그룹 단위 반복 검출 방법은 압축 센싱 신호에 대한 그룹 단위 반복 검출 방법에 있어서, 통신부를 통해, 상기 압축 센싱 신호를 수신하는 단계; 및 제어부를 통해, IORLS(Iterative Order Recursive Least Square) 기반 추정 알고리즘에서 내부 루프와 외부 루프로 구성되는 반복 구조에 의해, 상기 압축 센싱 신호의 프레임 내의 모든 심볼들에 대한 활성화 정보를 근거로 반복적으로 가중치 행렬을 업데이트하여 최종적으로 모든 심볼의 추정치를 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명과 관련된 일 예로서 상기 IORLS(Iterative Order Recursive Least Square) 기반 추정 알고리즘에서 내부 루프와 외부 루프로 구성되는 반복 구조에 의해, 최종적으로 모든 심볼의 추정치를 산출하는 단계는, 상기 프레임 내의 심볼을 그룹 단위로 분할하는 과정; 상기 분할된 그룹별 가중치 행렬을 산출하는 과정; 상기 그룹별로 상기 산출된 가중치 행렬을 적용하여 가장 상관도가 높은 확산 수열을 순차적으로 탐색하여 검출하는 과정; 및 미리 설정된 횟수 내에서 가중치 행렬 산출 및 확산 수열 검출 과정을 반복하여 다중 사용자 검출을 수행하는 과정을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0015] 본 발명은 다수의 사용자들이 간헐적으로 전송할 때 각 사용자들을 구분하는 고유의 수열로 확산하여 전송하는 다중 접속 시스템에서, 그룹 단위의 간헐적인 전송에 따른 특정 사용자의 전송 여부와 해당 신호를 동시에 검출함으로써, 그룹 단위로 모델링된 압축 센싱 방식의 해를 구하는 GOMP 알고리즘보다 성능이 좋고 더 낮은 복잡도로 구현할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 종래의 심볼 단위의 MTC 통신을 고려한 상향 링크 CDMA 방식의 수신 신호를 나타낸 도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 그룹 단위 반복 검출 장치의 구성을 나타낸 블록도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 그룹 단위의 MTC 통신을 고려한 상향 링크 CDMA 방식의 수신 신호를 나타낸 도이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 IORLS 기반 추정 알고리즘을 나타낸 도이다.
- 도 5는 MTC 단말의 스파시티(sparsity)에 따른 심볼 오류 성능을 비교한 도이다.
- 도 6은 MTC 단말의 스파시티에 따른 실행 기산을 비교한 도이다.
- 도 7은 MTC 단말의 SNR에 따른 심볼 오류 성능을 비교한 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 본 발명에서 사용되는 기술적 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아님을 유의해야 한다. 또한, 본 발명에서 사용되는 기술적 용어는 본 발명에서 특별히 다른 의미로 정의되지 않는 한, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 의미로 해석되어야 하며, 과도하게 포괄적인 의미로 해석되거나, 과도하게 축소된 의미로 해석되지 않아야 한다. 또한, 본 발명에서 사용되는 기술적인 용어가 본 발명의 사상을 정확하게 표현하지 못하는 잘못된 기술적 용어일 때에는 당업자가 올바르게 이해할 수 있는 기술적 용어로 대체되어 이해되어야 할 것이다. 또한, 본 발명에서 사용되는 일반적인 용어는 사전에 정의되어 있는 바에 따라, 또는 전후 문맥상에 따라 해석되어야 하며, 과도하게 축소된 의미로 해석되지 않아야 한다.
- [0018] 또한, 본 발명에서 사용되는 단어의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다. 본 발명에서 "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 발명에 기재된 여러 구성 요소들 또는 여러 단계를 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다.
- [0019] 또한, 본 발명에서 사용되는 제 1, 제 2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성 요소들은 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제 1 구성 요소는 제 2 구성 요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제 2 구성 요소도 제 1 구성 요소로 명명될 수 있다.
- [0020] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성 요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0021] 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 발명의 사상을 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 발명의 사상이 제한되는 것으로 해석되어서는 아니 됨을 유의해야 한다.
- [0022] 도 2은 본 발명의 실시예에 따른 압축 센싱 신호에 대한 그룹 단위 반복 검출 장치(10)의 구성을 나타낸 블록도이다.
- [0023] 도 2에 도시한 바와 같이, 압축 센싱 신호에 대한 그룹 단위 반복 검출 장치(10)는 통신부(100), 저장부(200) 및 제어부(300)로 구성된다. 도 2에 도시된 압축 센싱 신호에 대한 그룹 단위 반복 검출 장치(10)의 구성 요소 모두가 필수 구성 요소인 것은 아니며, 도 2에 도시된 구성 요소보다 많은 구성 요소에 의해 압축 센싱 신호에 대한 그룹 단위 반복 검출 장치(10)가 구현될 수도 있고, 그보다 적은 구성 요소에 의해서도 압축 센싱 신호에 대한 그룹 단위 반복 검출 장치(10)가 구현될 수도 있다.
- [0024] 상기 통신부(100)는 유/무선 통신망을 통해 내부의 임의의 구성 요소 또는 외부의 임의의 적어도 하나의 단말기와 통신 연결한다. 이때, 상기 외부의 임의의 단말기는 단말, 서버 등을 포함할 수 있다. 여기서, 무선 인터넷 기술로는 무선랜(Wireless LAN: WLAN), 와이브로(Wireless Broadband: Wibro), 와이맥스(World Interoperability for Microwave Access: Wimax), HSDPA(High Speed Downlink Packet Access), IEEE 802.16, 롱 텀 에볼루션(Long Term Evolution: LTE), 광대역 무선 이동 통신 서비스(Wireless Mobile Broadband Service: WMBS) 등이 포함될 수 있다. 또한, 근거리 통신 기술로는, 블루투스(Bluetooth), 와이 파이(Wi-Fi), RFID(Radio Frequency Identification), 적외선 통신(Infrared Data Association: IrDA), UWB(Ultra

Wideband), 지그비(ZigBee), 인접 자장 통신(Near Field Communication: NFC), 초음파 통신(Ultra Sound Communication: USC), 가시광 통신(Visible Light Communication: VLC), BLE(Bluetooth Low Energy) 등이 포함될 수 있다. 또한, 유선 통신 기술로는, 전력선 통신(Power Line Communication: PLC), USB 통신, 이더넷(Ethernet), 시리얼 통신(serial communication), 광/동축 케이블 등이 포함될 수 있다.

- [0025] 또한, 상기 통신부(100)는 유니버설 시리얼 버스(Universal Serial Bus: USB)를 통해 상기 단말기와 정보를 상호 전송할 수 있다.
- [0026] 또한, 상기 통신부(100)는 상기 임의의 외부 서버(미도시) 또는 다른 단말(미도시) 등과 데이터(예를 들어 압축 센싱 신호 등 포함)를 송/수신한다.
- [0027] 상기 저장부(200)는 다양한 사용자 인터페이스(User Interface: UI), 그래픽 사용자 인터페이스(Graphic User Interface: GUI) 등을 저장한다.
- [0028] 또한, 상기 저장부(200)는 상기 그룹 단위 반복 검출 장치(10)가 동작하는데 필요한 데이터와 프로그램 등을 저장한다.
- [0029] 또한, 상기 저장부(200)는 플래시 메모리 타입(Flash Memory Type), 하드 디스크 타입(Hard Disk Type), 멀티 미디어 카드 마이크로 타입(Multimedia Card Micro Type), 카드 타입의 메모리(예를 들면, SD 또는 XD 메모리 등), 자기 메모리, 자기 디스크, 광디스크, 램(Random Access Memory: RAM), SRAM(Static Random Access Memory), 롬(Read-Only Memory: ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), PROM(Programmable Read-Only Memory) 중 적어도 하나의 저장매체를 포함할 수 있다. 또한, 그룹 단위 반복 검출 장치(10)는 인터넷(internet)상에서 저장부(200)의 저장 기능을 수행하는 웹 스토리지(web storage)를 운영하거나, 또는 상기 웹 스토리지와 관련되어 동작할 수도 있다.
- [0030] 또한, 상기 저장부(200)는 상기 통신부(100)를 통해 송수신되는 데이터를 저장한다.
- [0031] 상기 제어부(또는 프로세서)(300)는 상기 그룹 단위 반복 검출 장치(10)의 전반적인 제어 기능을 실행한다.
- [0032] 또한, 상기 제어부(300)는 상기 저장부(200)에 저장된 프로그램 및 데이터를 이용하여 상기 그룹 단위 반복 검출 장치(10)의 전반적인 제어 기능을 실행한다. 상기 제어부(300)는 RAM, ROM, CPU, GPU, 버스를 포함할 수 있으며, RAM, ROM, CPU, GPU 등은 버스를 통해 서로 연결될 수 있다. CPU는 상기 저장부(200)에 액세스하여, 상기 저장부(200)에 저장된 O/S를 이용하여 부팅을 수행할 수 있으며, 상기 저장부(200)에 저장된 각종 프로그램, 콘텐츠, 데이터 등을 이용하여 다양한 동작을 수행할 수 있다.

- [0033] 또한, 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 제어부(300)는 각 MTC 단말이 N_c 개 심볼로 구성된 프레임 단위로 전송한다고 할 때 수신 신호(또는 압축 센싱 신호/프레임)를 모델링한다.

- [0034] 여기서, 상기 도 3의 모델에서 활성화된 각 심볼들은 각 사용자에게 할당된 확산 수열을 적용하여 확산된다.

- [0035] 또한, 상기 제어부(300)는 상기 도 3의 수신 신호를 방정식 $\bar{\mathbf{y}} = \bar{\mathbf{A}} \bar{\mathbf{x}}$ 로 나타낼 수 있다. 여기서, 각 벡터와 행렬의 차원은 프레임의 길이 N_c 값에 의해서 정해진다. 이때, 상기 방정식 $\bar{\mathbf{y}} = \bar{\mathbf{A}} \bar{\mathbf{x}}$ 는 상기 도 1에서와 같이 이를 압축 센싱 문제로 해석할 수 있으며, 이에 대한 해를 구할 수 있는 여러 가지 알고리즘이 존재한다. 그 대표적인 예로서 GOMP(Group-wise Orthogonal Matching Pursuit)가 있다. 이와 같은 그룹 단위의 검출 방식을 통해 다중 사용자 검출 성능이 매우 향상되지만, N_c 값이 증가하면서 지수적으로 복잡도가 증가하게 된다.

- [0036] 본 발명의 실시예에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서, 상기 제어부(300)는 N_c 값이 큰 상기 도 3의 $\bar{\mathbf{y}} = \bar{\mathbf{A}} \bar{\mathbf{x}}$ 에 대해서, 한 개 프레임을 다수개의 그룹으로 구분해서 처리한다.

[0037] 또한, 각 그룹의 크기를 v 개 심볼이라고 하면, 한 프레임은 N_g 개의 그룹으로 분할되며, 이때 $N_g = N_c / v$ 이다(여기서, $N_c \bmod v = 0$ 이라 가정함).

[0038] 따라서, 상기 제어부(300)는 각 그룹별로 모든 사용자의 전송 심볼을 다음의 [수학식 1]과 같은 벡터로 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$\overline{x_i} = [d_{v-(i-1)+1}^{(1)}, \dots, d_{v-i}^{(1)}, d_{v-(i-1)+1}^{(2)}, \dots, d_{v-i}^{(2)}, \dots, d_{v-(i-1)+1}^{(K)}, \dots, d_{v-i}^{(K)}]$$

[0040] 여기서, $d_j^{(n)}$ 은 n 번째 단말의 j 번째 심볼을 나타낸다.

[0041] 또한, 상기 제어부(300)는 v 개 심볼 단위의 그룹에 대해서 압축 센싱 방정식을 만들면, i 번째 그룹의 수신 신호는 다음의 [수학식 2]와 같다.

수학식 2

$$\overline{y_i} = \overline{A} \overline{\omega_i}, \quad i = 0, 1, 2, \dots, N_g$$

[0043] 상기 [수학식 1]에서 $\overline{A}$ 는 도 3에서와 같이 각 사용자별로 할당된 확산 수열을 열에 포함하는 행렬로서, $\overline{A} = R^{vM \times vK}$ 이다. 또한, 상기 $\overline{\omega_i}$ 는 그룹 i 에 해당하는 가산성 잡음 벡터를 나타낸다.

[0044] 또한, 상기 제어부(300)는 각 그룹별로 상기 [수학식 2]의 해를 구하기 위해서 GOMP 알고리즘을 적용할 수 있다.

[0045] 또한, 상기 제어부(300)는 하나의 프레임 전체를 한 개 그룹으로 처리하면(즉, $v = N_g$), GOMP 알고리즘에 따른 성능을 향상시킬 수 있다. 다만, K 값이 커지기 때문에 이때 행렬 $\overline{A}$ 의 차원이 너무 커져서 현실적으로 GOMP 알고리즘을 구현하는 것이 불가능하다.

[0046] 따라서, 본 발명의 실시예에서는, 이러한 GOMP 알고리즘보다도 훨씬 낮은 복잡도를 가지고 성능을 향상시킬 수 있는 방법으로서, 상기 제어부(300)는 전체 프레임에 걸친 심볼별로 사용자의 활성화 정보를 모두 활용하는 알고리즘을 적용(또는 제공)한다.

[0047] 즉, 상기 제어부(300)는 모든 심볼에 대해서 OMP(orthogonal matching pursuit) 알고리즘을 적용하고, 이에 따라 결정된 심볼 결정 정보를 근거로 성능을 향상시키는 과정을 반복한다.

[0048] 또한, 도 4에 도시된 바와 같이, 상기 제어부(300)는 IORLS(Iterative Order Recursive Least Square) 기반 추정 알고리즘을 적용한다.

[0049] 또한, 상기 제어부(300)는 상기 도 4에 도시된 바와 같이 우선 각 그룹별로 v 개의 심볼에 대해서 심볼 단위로 OMP 알고리즘을 적용해서 다중 사용자 심볼을 검출한다. 이때, 상기 제어부(300)는 모든 그룹에 대해서 검출 절차를 동시에 병렬로 진행한다.

[0050] 또한, 상기 제어부(300)는 모든 그룹에 대해서 각 심볼이 검출된 후에, 전체 결과를 이용하여 가중치 행렬을 산

출한다.

[0051] 또한, 상기 제어부(300)는 다시 각 그룹별로 상기 산출된 가중치 행렬을 적용하여 가장 상관도가 높은 확산 수열을 순차적으로 탐색하여 검출한다.

[0052] 또한, 미리 정해진 횟수 내에서 반복하여 다중 사용자 검출이 이루어지면, 상기 제어부(300)는 모든 그룹에 걸쳐 검출된 심볼을 이용하여 다시 가중치 행렬을 산출하고, 다시 각 그룹별로 상기 산출된 가중치 행렬을 적용하여 가장 상관도가 높은 확산 수열을 순차적으로 탐색하여 검출하는 과정을 반복 수행한다.

[0053] 이와 같이, 상기 제어부(300)는 주어진 가중치를 이용하여 각 그룹별로 개별 다중 사용자 심볼을 검출하기 위한 반복 과정을 내부 루프에서 수행(또는 동작)하고, 상기 내부 루프에서 검출된 개별 다중 사용자 심볼을 근거로 가중치 행렬을 업데이트하면서 반복하는 과정을 외부 루프에서 수행한다. 이때, 상기 내부 루프는 미리 설정된 횟수(예를 들어 K_a) 또는 잔여 신호의 미리 설정된 임계값에 도달할 때까지 반복 수행되며, 상기 외부 루프는 미리 설정된 최대 반복 횟수(예를 들어 I_{max})까지 반복 수행된다.

[0054] 또한, 상기 도 4에 도시된 변 수 중, 상기 $G \subseteq \{1, 2, \dots, n\}$ 는 인덱스의 집합을 나타내고, 상기 $\overline{G}$ 는 상기 집합 G 의 여집합을 나타내고, 상기 $\Gamma(\cdot)$ 는 인덱스를 정하기 위한 연산을 나타내고, 상기 $A_{\Gamma(G)}$ 는 행렬 A 에서 집합 G 의 인덱스에 의해 선택되는 열로 구성된 부행렬을 나타내고, 상기 $X_{\Gamma(G)}$ 는 벡터 x 에 대해서 집합 G 의 인덱스에 의해 선택된 요소로 구성된 부벡터를 나타낸다.

[0055] 또한, l 번째 내부 루프에서 상관도가 높은 확산 수열의 집합이 $G^{(l)}$ 로 업데이트된 상태일 때, 상기 제어부(300)는 다음의 [수학식 3]과 같이 해를 추정한다.

수학식 3

$$\hat{x}_{\Gamma(G^{(l)})}^{(l)} = \begin{bmatrix} \hat{x}_{\Gamma(G^{(l-1)})}^{(l-1)} - \frac{D_l A_{l-1}^T A_k A_k^T P_{l-1}^\perp y}{A_k^T P_{l-1}^\perp A_k} \\ \frac{A_k^T P_{l-1}^\perp y}{A_k^T P_{l-1}^\perp A_k} \end{bmatrix}$$

[0056]

[0057] 또한, 상기 [수학식 3]에서 D_l 은 다음의 [수학식 4]와 같이 업데이트된다.

수학식 4

$$D_l = \begin{bmatrix} D_{l-1} + \frac{D_{l-1} A_{l-1}^T A_k A_k^T A_{l-1} D_{l-1}}{A_{k_{\max}}^T P_{l-1}^\perp A_{k_{\max}}} & \frac{-D_{l-1} A_{l-1}^T A_k}{A_k^T P_{l-1}^\perp A_k} \\ \frac{-D_{l-1} A_{l-1}^T A_k}{A_k^T P_{l-1}^\perp A_k} & \frac{1}{A_k^T P_{l-1}^\perp A_k} \end{bmatrix}$$

[0058]

[0059] 또한, 상기 [수학식 3] 및 [수학식 4]를 통해 $P_I^\perp$ 는 다음의 [수학식 5]와 같이 나타낸다.

수학식 5

[0060]
$$P_I^\perp = I - A_I D_I A_I^T$$

[0061] 또한, 상기 [수학식 3], [수학식 4] 및 [수학식 5]에서 $A_I = A_{\Gamma(G^{(I-1)})}$ 과 $A_K = A_{\Gamma(\{K_{\max}\})}$ 로 나타낼 수 있으며, 이는 표준을 간결하게 하기 위한 것이다.

[0062] 또한, 상기 제어부(300)는 상기 내부 루프의 반복이 끝날 때마다 프레임 내의 모든 심볼에 대해 추정된 값을 이용하여, 가중치 행렬을 산출(또는 계산)하며, 알고리즘의 I번째 외부 루프에서는 상기 가중치 행렬은 다음의 [수학식 6]과 같이 나타낸다.

수학식 6

[0063]
$$W_{nm}^{(I)} = \frac{\|\hat{d}^{(n)}\|_0}{N_c}$$

[0064] 여기서, 상기 $\hat{d}^{(n)}$ 은 사용자 n의 검출된 심볼들을 벡터로 나타낸 것이며, 이는 $\hat{d}^{(n)} = [\hat{x}_1[n], \hat{x}_2[n], \dots, \hat{x}_{N_c}[n]]$ 이다.

[0065] 또한, 상기 제어부(300)는 상기 [수학식 6] 대신에 다음의 [수학식 7]로 대체할 수도 있다.

수학식 7

[0066]
$$W_{nm}^{(n)} = \frac{\sum_{i=1}^{N_c} |W_{nm}^{(I-1)} A_n^H r_i^{(I(n))}|}{N_c}$$

[0067] 여기서, 상기 $r_i^{(I(n))}$ 은 I 번째 반복 과정에서 n번째 열이 i번째 심볼로 선택되었을 때 잔여 신호 $r_i^{(I)} = y_i - A \hat{X}_i^{(I)}$ 를 나타낸다.

[0068] 또한, 상기 제어부(300)는 내부 루프가 반복될 수 있는 최대 숫자로 K_a (또는 임계값 $\|r_{th}\|_2$) 및 외부 루

프가 반복될 수 있는 최대 숫자로 $I_{\max}$ 를 미리 설정한다. 여기서, 상기 K_a 및 $I_{\max}$ 는 설계자의 설계에 따라 다양하게 설정할 수 있다.

[0069] 또한, 상기 제어부(300)는 각 심볼별로 행렬 A 에 대해 채널의 영향을 반영하며, 이는 채널 추정 과정을 통해 확인한다. 이때, 모든 사용자들의 확산 수열은 동시에 수신될 수 있도록 동기화가 이루어진 것으로 가정한다.

[0070] 또한, 각 그룹별로 모든 심볼에 대해서 수신 심볼 $\{y_i\}_{i=1}^{N_g}$ 가 주어지며, 이때 $r_i^{(0)} = y_i$ 을 가정한 후, 상기 제어부(300)는 상기 [수학식 3]을 적용해서 모든 심볼의 추정치 $\{\hat{x}_i^{(1)}\}_{i=1}^{N_g}$ 를 검출한다.

[0071] 또한, 상기 제어부(300)는 상기 검출된 모든 심볼의 추정치 $\{\hat{x}_i^{(1)}\}_{i=1}^{N_g}$ 를 근거로 상기 [수학식 6] 또는 [수학식 7]을 이용하여 가중치 행렬을 산출(또는 계산)한다.

[0072] 또한, I번째 반복 과정(예를 들어 외부 루프)에서 결정된 가중치 행렬을 $W_{kk}^{(D)}$ 라고 하면, 상기 제어부(300)는 $r_i^{(1)} = y_i - A \hat{x}_i^{(1)}$ 에 대해서 $|W_{kk}^{(1)} A_k^H r_i^{(1)}|$ 값을 최대로 하는 확산 수열을 결정한다. 이 때, 상기 제어부(300)는 상기 [수학식 6] 또는 [수학식 7]을 근거로 가중치 행렬 $W_{kk}^{(1)}$ 을 산출할 수 있다.

[0073] 또한, 상기 제어부(300)는 상기 결정된 확산 수열을 포함하는 새로운 집합에 대해서 상기 [수학식 3]을 이용하여 $\{\hat{x}_i^{(2)}\}_{i=1}^{N_g}$ 을 추정한다.

[0074] 또한, 상기 제어부(300)는 상기 새로운 집합에 대한 모든 심볼의 추정치 $\{\hat{x}_i^{(2)}\}_{i=1}^{N_g}$ 를 근거로 $r_i^{(2)} = y_i - A \hat{x}_i^{(2)}$ 에 대해서 $|W_{kk}^{(1)} A_k^H r_i^{(1)}|$ 값을 최대로 하는 확산 수열을 다시 결정한다.

[0075] 또한, 상기 제어부(300)는 상기 다시 결정된 확산 수열을 포함하는 새로운 집합에 대해서 상기 [수학식 3]을 이용하여 $\{\hat{x}_i^{(3)}\}_{i=1}^{N_g}$ 을 추정한다.

[0076] 또한, 상기 제어부(300)는 이와 같은 과정을 미리 설정된 기준(또는 횟수)만큼 반복한 후에 최종적으로 정해진 추정치 $\{\hat{x}_i\}_{i=1}^{N_g}$ 를 확인한다.

[0077] 또한, 상기 제어부(300)는 상기 마지막 추정치 $\{\hat{x}_i\}_{i=1}^{N_g}$ 에 대해서 상기 [수학식 6] 또는 상기 [수학식

7]을 적용하여 새로운 가중치 행렬 $W_{kk}^{(2)}$ 를 산출한 후, $r_i^{(1)} = y_i - A \hat{x}_i^{(1)}$ 에 대해서 $|W_{kk}^{(2)} A_k^H r_i^{(1)}|$ 값을 최대로 하는 확산 수열을 결정한다.

[0078] 또한, 상기 제어부(300)는 상기 결정된 확산 수열을 포함하는 새로운 집합에 대해서 상기 [수학식 3]을 근거로 $\{\hat{x}_i^{(2)}\}_{i=1}^{N_g}$ 을 추정한다.

[0079] 즉, 상기 제어부(300)는 앞에서 수행된 내부 루프에서의 반복 과정과 동일하며, 이를 통해서 $W_{kk}^{(2)}$ 를 기준으로 최종적으로 정해진 추정치 $\{\hat{x}_i\}_{i=1}^{N_g}$ 를 산출한다.

[0080] 또한, 상기 제어부(300)는 상기 마지막 추정치 $\{\hat{x}_i\}_{i=1}^{N_g}$ 에 대해서 상기 [수학식 6] 또는 [수학식 7]을 근거로 새로운 가중치 행렬 $W_{kk}^{(3)}$ 을 산출한다.

[0081] 이와 같이, $W_{kk}^{(l)}$ 는 외부 루프에서 업데이트된다.

[0082] 또한, 상기 제어부(300)는 미리 설정된 반복 횟수 $I_{\max}$ 까지 외부 루프를 반복 수행한다.

[0083] 또한, 상기 제어부(300)는 다음의 [표 1]의 파라미터를 적용한 성능 분석을 통해, 본 발명의 실시예에 따른 IORLS 알고리즘 성능을 검증하고, 기존 방식과의 성능 비교를 통해 효과를 제시한다.

표 1

[0084]

파라미터	값	파라미터	값
K	128	Nc	80
M	64	k	1:40
I	3	SNR(dB)	15
v	8	반복횟수(repetitions)	5000

[0085] 도 5 내지 도 7의 성능 비교 그래프에 나타난 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 IORLS 기반 추정 알고리즘은 기존 방식보다 낮은 복잡도로 더 좋은 성능을 얻을 수 있다.

[0086] 특히, 본 발명의 실시예에 따른 IORLS의 성능은 어떤 사용자가 전송하는지를 미리 알고 검출할 때의 성능(또는 oracle 성능)에 근접하는 것을 확인할 수 있다.

[0087] 본 발명의 실시예는 앞서 설명된 바와 같이, 다수의 사용자들이 간헐적으로 전송할 때 각 사용자들을 구분하는 고유의 수열로 확산하여 전송하는 다중 접속 시스템에서, 그룹 단위의 간헐적인 전송에 따른 특정 사용자의 전송 여부와 해당 신호를 동시에 검출하여, 그룹 단위로 모델링된 압축 센싱 방식의 해를 구하는 GOMP 알고리즘보다 성능이 좋고 더 낮은 복잡도로 구현할 수 있다.

[0088] 전술된 내용은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 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.

산업상 이용가능성

[0089] 본 발명은 다수의 사용자들이 간헐적으로 전송할 때 각 사용자들을 구분하는 고유의 수열로 확산하여 전송하는 다중 접속 시스템에서, 그룹 단위의 간헐적인 전송에 따른 특정 사용자의 전송 여부와 해당 신호를 동시에 검출함으로써, 그룹 단위로 모델링된 압축 센싱 방정식의 해를 구하는 GOMP 알고리즘보다 성능이 좋고 더 낮은 복잡도로 구현할 수 있는 것으로, 압축 센싱 기반 MCT 분야, CDMA 분야 등에서 광범위하게 이용될 수 있다.

부호의 설명

[0090] 10: 그룹 단위 반복 검출 장치

100: 통신부 200: 저장부

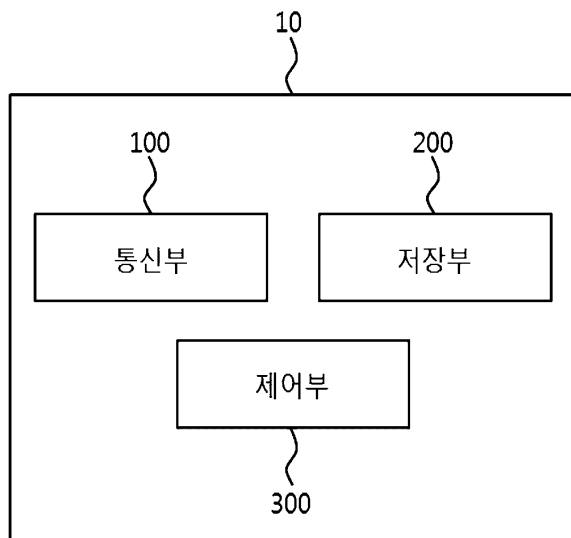
300: 제어부

도면

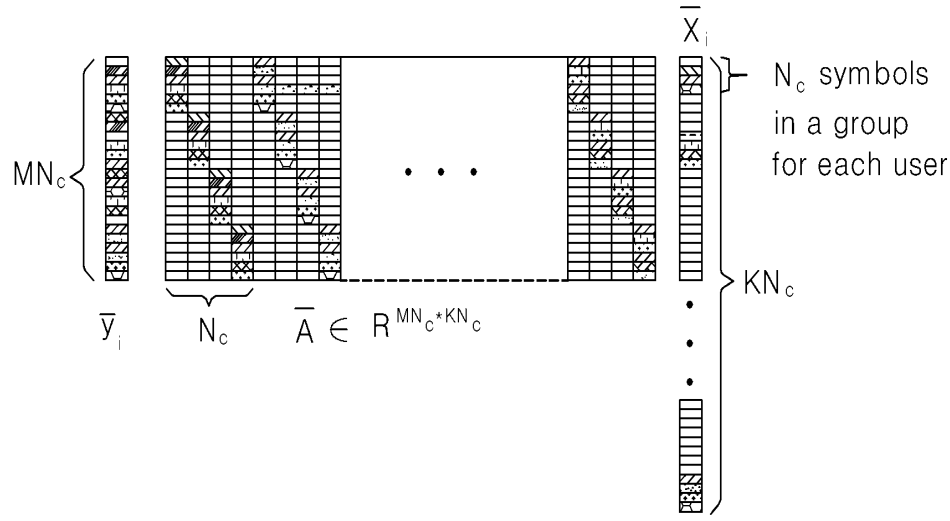
도면1

$$y \in \mathbb{R}^M \quad A \in \mathbb{R}^{M \times K} \quad x \in \mathbb{R}^k$$

도면2



도면3



도면4

Input : $\mathbf{A}, \{\mathbf{y}_i\}_{i=1}^{N_c/v}, I_{\max}$

Iteration : $\mathbf{W}^{(0)} = \mathbf{I}, I = 0$

Intialization : $G^{(0)} = \emptyset, \mathbf{r}_i^{(0)} = \mathbf{y}_i, \ell = 0$

Sub - Iterarion : $\ell \leftarrow \ell + 1$

$k_{\max} \leftarrow \arg \max_{k \in G^{(\ell-1)}} |\mathbf{W}_{kk}^{(I)} \mathbf{A}_k^H \mathbf{r}_i^{(\ell-1)}|$ and $G^{(\ell)} = k_{\max} \cup G^{(\ell-1)}$

Solve $\hat{\mathbf{x}}_{\Gamma(G^{(\ell)})}^{(\ell)}$ by using (8) and $\hat{\mathbf{x}}_{\Gamma(G^{(\ell)})}^{(\ell)} = 0$

$\mathbf{r}_i^{(\ell)} = \mathbf{y}_i - \mathbf{A} \hat{\mathbf{x}}_i^{(\ell)}$

If $\ell = K_a$ or $\|\mathbf{r}_i^{(\ell)}\|_2 < \|\mathbf{r}_{ih}\|_2$, stop

Otherwise, start new sub-iteration

Output : $\{\hat{\mathbf{x}}_i\}_{i=1}^{N_c/v}$

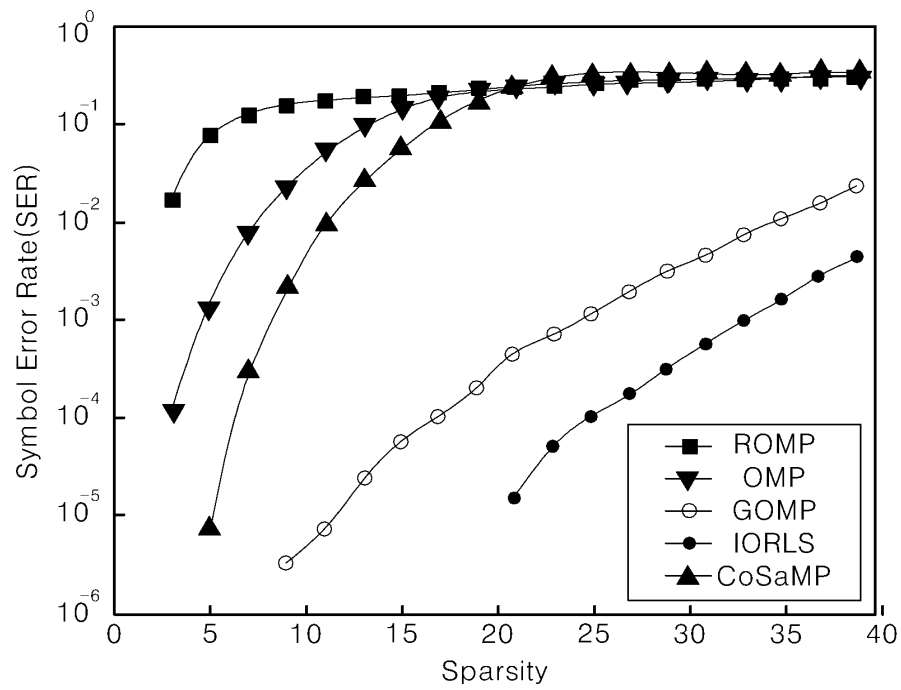
Update : $\mathbf{W}^{(I)}$ with (6) or (7)

if $I = I_{\max}$, stop.

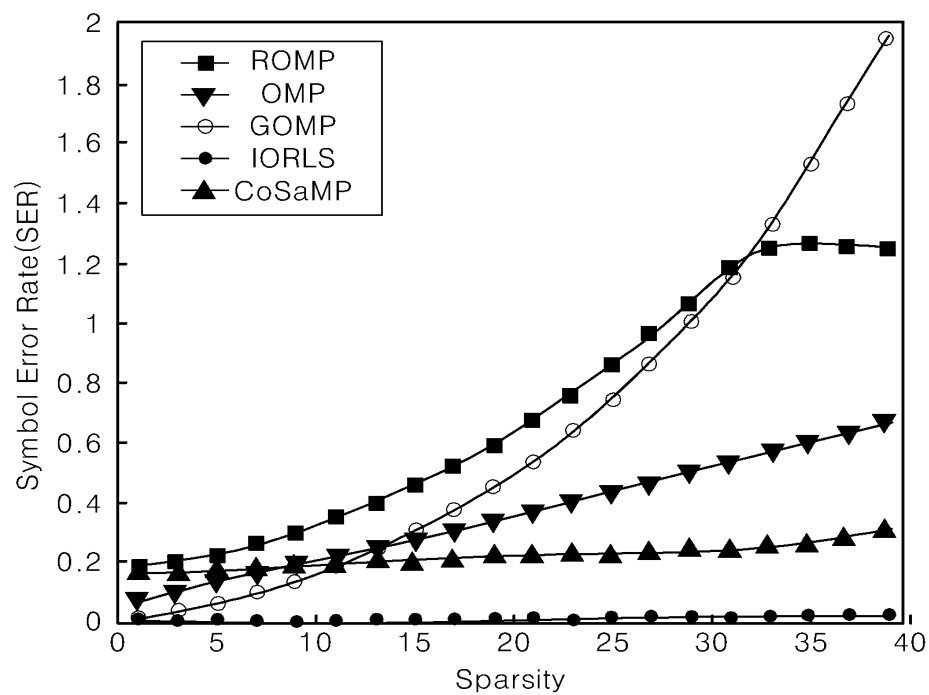
otherwise, $I \leftarrow I + 1$ and begin new iteration

Output : $\{\hat{\mathbf{x}}_i\}_{i=1}^{N_c/v}$

도면5



도면6



도면7

