



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0057133
(43) 공개일자 2015년05월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H03M 5/22 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0140079

(22) 출원일자 2013년11월18일

심사청구일자 2013년11월18일

(71) 출원인

경상대학교산학협력단

경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)

(72) 발명자

정방철

경남 통영시 서송정3길 21-18, 101호 (봉평동, 로즈빌)

반태원

부산 강서구 명지오션시티10로 17, 101동 902호 (명지동, 쿼텀1차에디스타운)

박정홍

경상남도 통영시 인평동 천함길 14-10번지

(74) 대리인

김영재

전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 병렬 직교 매칭 퍼스 기법을 이용하여 성긴 신호를 복원하는 장치 및 방법

(57) 요약

수신 신호에서 성긴 신호를 복원하는 복원 장치 및 복원 방법이 개시된다. 복원 장치 및 복원 방법은 직교 매칭 퍼스 기법을 이용하여 성긴 신호를 복원하며, 직교 매칭 퍼스 기법에서의 초기 인덱스를 복수 개 선택하고, 선택된 복수 개의 초기 인덱스 각각에 대하여 직교 매칭 퍼스 기법을 적용한다.

대표도

반복	OMP	POMP (M=3)
1	$\Lambda_1 = \{ a_6 \}$	$\Lambda_1^1 = \{ a_6 \}$, $\Lambda_1^2 = \{ a_3 \}$, $\Lambda_1^3 = \{ a_8 \}$
2	$\Lambda_2 = \{ a_6 , a_2 \}$	$\Lambda_2^1 = \{ a_6 , a_2 \}$ $\Lambda_2^2 = \{ a_3 , a_4 \}$ $\Lambda_2^3 = \{ a_8 , a_7 \}$
3	$\Lambda_3 = \{ a_6 , a_2 , a_5 \}$	$\Lambda_3^1 = \{ a_6 , a_2 , a_5 \}$ $\Lambda_3^2 = \{ a_3 , a_4 , a_{10} \}$ $\Lambda_3^3 = \{ a_8 , a_7 , a_1 \}$
4	.	.
	.	.
	.	.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 13-911-04-004

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국방송통신전파진흥원

연구사업명 모바일서비스-서비스-지능형 자율 서비스 플랫폼

연구과제명 단말 협업형 Giga급 스마트 클라우드릿 핵심 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국과학기술원

연구기간 2013.04.01 ~ 2017.03.31

명세서

청구범위

청구항 1

직교 매칭 퍼스(orthogonal matching pursuit) 기법을 이용하여 수신 신호에서 성진 신호를 복원하는 복원 장치에 있어서,

상기 직교 매칭 퍼스 기법의 초기 인덱스를 복수 개 선택하는 초기화부;

상기 선택된 복수의 초기 인덱스에 대하여 상기 직교 매칭 퍼스 기법을 병렬적으로 적용하여 상기 초기 인덱스 각각에 대응하는 상기 수신 신호의 근사 행렬들을 생성하는 반복 수행부;

상기 복수의 근사 행렬들에 기반하여 상기 성진 신호의 복원 신호를 선택하는 선택부를 포함하는 복원 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 초기화부는 상기 수신 신호와 상기 직교 매칭 퍼스 기법의 측정 행렬간의 상관도를 산출하고, 상기 상관도의 값의 크기에 따라서 상기 복수의 초기 인덱스를 선택하는 복원 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 반복 수행부는 상기 초기 인덱스 및 상기 직교 매칭 퍼스 기법이 반복됨에 따라 생성된 추가 인덱스들의 스패(span) 위로의 정사영(orthogonal projection)을 결정하고, 상기 결정된 정사영에 기반하여 생성된 상기 수신 신호의 근사 행렬과 상기 수신 신호간의 오차를 산출하는 복원 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 반복 수행부는 상기 직교 매칭 퍼스 기법의 측정 행렬의 의사 역행렬(Pseudo Inverse Matrix)을 이용하여 상기 정사영을 산출하는 복원 장치.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 선택부는 상기 각 근사 행렬과 상기 수신 신호간의 오차에 따라서 상기 복원 신호를 선택하는 복원 장치.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 반복 수행부는

상기 초기 인덱스 및 상기 직교 매칭 퍼스 기법이 반복됨에 따라 생성되고, 상기 초기 인덱스에 대응되는 추가 인덱스들이 포함된 인덱스 집합들을 서로 비교하고, 동일한 인덱스를 포함하는 인덱스 집합들 중에서 어느 하나

의 집합에 대해서만 상기 직교 매칭 퍼스uits 기법을 적용하는 복원 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 반복 수행부는 상기 초기 인덱스 및 상기 직교 매칭 퍼스uits 기법이 반복됨에 따라 생성되고, 상기 초기 인덱스에 대응되는 추가 인덱스들이 포함된 인덱스 집합들을 서로 비교하고,

상기 인덱스 집합들 중에서 동일한 인덱스를 포함하는 인덱스 집합이 존재하는 경우에, 상기 초기화부는 상기 동일한 인덱스를 포함하는 인덱스 집합의 원소 개수에 따라 상기 초기 인덱스를 재선택하여 상기 인덱스 집합의 개수를 유지 하고,

상기 반복 수행부는 재선택된 초기 인덱스에 대하여 상기 직교 매칭 퍼스uits 기법을 적용하는 복원 장치.

청구항 8

직교 매칭 퍼스uits(orthogonal matching pursuit) 기법을 이용하여 수신 신호에서 성진 신호를 복원하는 복원 방법에 있어서,

상기 직교 매칭 퍼스uits 기법의 초기 인덱스를 복수 개 선택하는 단계;

상기 선택된 복수의 초기 인덱스에 대하여 상기 직교 매칭 퍼스uits 기법을 병렬적으로 적용하여 상기 초기 인덱스 각각에 대응하는 상기 수신 신호의 근사 행렬들을 생성하는 단계; 및

상기 복수의 근사 행렬에 기반하여 상기 성진 신호의 복원 신호를 선택하는 단계를 포함하는 복원 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 초기 인덱스를 선택하는 단계는 상기 수신 신호와 상기 직교 매칭 퍼스uits 기법의 측정 행렬간의 상관도를 산출하고, 상기 상관도의 값의 크기에 따라서 상기 복수의 초기 인덱스를 선택하는 복원 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 후보 신호를 생성하는 단계는 상기 초기 인덱스 및 상기 직교 매칭 퍼스uits 기법이 반복됨에 따라 생성된 추가 인덱스들의 스패(span) 위로의 정사영(orthogonal projection)을 결정하고, 상기 결정된 정사영에 기반하여 생성된 상기 수신 신호의 근사 행렬과 상기 수신 신호간의 오차를 산출하는 복원 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 후보 신호를 생성하는 단계는 상기 직교 매칭 퍼스uits 기법의 측정 행렬의 의사 역행렬(Pseudo Inverse Matrix)을 이용하여 상기 정사영을 산출하는 복원 방법.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 선택하는 단계는 상기 각 근사 행렬과 상기 수신 신호간의 오차에 따라서 상기 복원 신호를 선택하는 복원 방법.

청구항 13

제8항에 있어서, 상기 근사 행렬들을 생성하는 단계는

상기 초기 인덱스 및 상기 직교 매칭 퍼스 기법이 반복됨에 따라 생성되고, 상기 초기 인덱스에 대응되는 추가 인덱스들이 포함된 인덱스 집합들을 서로 비교하고, 동일한 인덱스를 포함하는 인덱스 집합들 중에서 어느 하나의 집합에 대해서만 상기 직교 매칭 퍼스 기법을 적용하는 복원 장치.

청구항 14

제8항에 있어서,

상기 초기 인덱스 및 상기 직교 매칭 퍼스 기법이 반복됨에 따라 생성되고, 상기 초기 인덱스에 대응되는 추가 인덱스들이 포함된 인덱스 집합들을 서로 비교하는 단계를 더 포함하고,

상기 인덱스 집합들 중에서 동일한 인덱스를 포함하는 인덱스 집합이 존재하는 경우에, 상기 초기 인덱스를 선택하는 단계는 상기 동일한 인덱스를 포함하는 인덱스 집합의 원소 개수에 따라 상기 초기 인덱스를 재선택하여 상기 인덱스 집합의 개수를 유지하고,

상기 근사 행렬들을 생성하는 단계는 재선택된 초기 인덱스에 대하여 상기 직교 매칭 퍼스 기법을 적용하는 복원 장치.

청구항 15

제8항 내지 제14항 중에서 어느 하나의 항의 방법을 실행시키기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

하기의 실시예들은 압축 센싱 분야에 관한 것으로, 구체적으로는 직교 매칭 퍼스 기법을 병렬적으로 적용하여 신호 복원 성능을 향상하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

나이퀴스트 샘플링 (Nyquist sampling) 이론은 현재 대부분의 디지털 장치에서 아날로그 신호를 획득하는데 사용되는 근간이 되는 이론이다. 이 이론에 의하면 아날로그 신호를 완벽히 복원하기 위해서 해당 아날로그 신호 주파수 대역폭의 두 배 이상의 주파수로 샘플링을해야 한다. 이 이론은 간결하고 명쾌하지만, 신호를 완전히 무결하게 복원하기 위한 충분조건 (sufficient condition)이기에 신호의 특성이 반영되지 않는다. 최근 고화질 영상 처리나 고속 통신 시스템 등의 예에서 볼 수 있듯이 샘플링 해야 하는 데이터양이 급격히 늘어남에 따라서 이 이론의 효율성에 대한 의문이 꾸준히 제기되어 왔다.

[0003]

Candes와 Donoho등은 복원하고자 하는 신호벡터에서 0의 개수가 많은 경우, 나이퀴스트 샘플링 보다 훨씬 높은 압축률로 원 신호를 완벽하게 복원할 수 있음을 증명하였다. 이 이론을 흔히 압축 센싱 이라고 불리운다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0004] 하기 실시예들은 수신 신호에서 성긴 신호(sparse signal)을 정확히 복원하는 것을 목적으로 한다.
- [0005] 하기 실시예들은 적은 계산량으로 성긴 신호를 복원하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0006] 예시적 실시예에 따르면, 직교 매칭 퍼스(orthogonal matching pursuit) 기법을 이용하여 수신 신호에서 성긴 신호를 복원하는 복원 장치에 있어서, 상기 직교 매칭 퍼스 기법의 초기 인덱스를 복수 개 선택하는 초기화부, 상기 선택된 복수의 초기 인덱스에 대하여 상기 직교 매칭 퍼스 기법을 병렬적으로 적용하여 상기 초기 인덱스 각각에 대응하는 상기 수신 신호의 근사 행렬들을 생성하는 반복 수행부, 및 상기 복수의 근사 행렬들에 기반하여 상기 성긴 신호의 복원 신호를 선택하는 선택부를 포함하는 복원 장치가 제공된다.
- [0007] 여기서, 상기 초기화부는 상기 수신 신호와 상기 직교 매칭 퍼스 기법의 측정 행렬간의 상관도를 산출하고, 상기 상관도의 값의 크기에 따라서 상기 복수의 초기 인덱스를 선택할 수 있다.
- [0008] 그리고, 상기 반복 수행부는 상기 초기 인덱스 및 상기 직교 매칭 퍼스 기법이 반복됨에 따라 생성된 추가 인덱스들의 스패(span) 위로의 정사영(orthogonal projection)을 결정하고, 상기 결정된 정사영에 기반하여 생성된 상기 수신 신호의 근사 행렬과 상기 수신 신호간의 오차를 산출할 수 있다.
- [0009] 또한, 상기 반복 수행부는 상기 직교 매칭 퍼스 기법의 측정 행렬의 의사 역행렬(Pseudo Inverse Matrix)을 이용하여 상기 정사영을 산출할 수 있다.
- [0010] 여기서, 상기 선택부는 상기 각 근사 행렬과 상기 수신 신호간의 오차에 따라서 상기 복원 신호를 선택할 수 있다.
- [0011] 또 다른 예시적 실시예에 따르면, 직교 매칭 퍼스(orthogonal matching pursuit) 기법을 이용하여 수신 신호에서 성긴 신호를 복원하는 복원 방법에 있어서, 상기 직교 매칭 퍼스 기법의 초기 인덱스를 복수 개 선택하는 단계, 상기 선택된 복수의 초기 인덱스에 대하여 상기 직교 매칭 퍼스 기법을 병렬적으로 적용하여 상기 초기 인덱스 각각에 대응하는 상기 수신 신호의 근사 행렬들을 생성하는 단계 및 상기 복수의 근사 행렬에 기반하여 상기 성긴 신호의 복원 신호를 선택하는 단계를 포함하는 복원 방법이 제공된다.
- [0012] 여기서, 상기 초기 인덱스를 선택하는 단계는 상기 수신 신호와 상기 직교 매칭 퍼스 기법의 측정 행렬간의 상관도를 산출하고, 상기 상관도의 값의 크기에 따라서 상기 복수의 초기 인덱스를 선택할 수 있다.
- [0013] 그리고, 상기 후보 신호를 생성하는 단계는 상기 초기 인덱스 및 상기 직교 매칭 퍼스 기법이 반복됨에 따라 생성된 추가 인덱스들의 스패(span) 위로의 정사영(orthogonal projection)을 결정하고, 상기 결정된 정사영에 기반하여 생성된 상기 수신 신호의 근사 행렬과 상기 수신 신호간의 오차를 산출할 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 후보 신호를 생성하는 단계는 상기 직교 매칭 퍼스 기법의 측정 행렬의 의사 역행렬(Pseudo Inverse Matrix)을 이용하여 상기 정사영을 산출할 수 있다.
- [0015] 여기서, 상기 선택하는 단계는 상기 각 근사 행렬과 상기 수신 신호간의 오차에 따라서 상기 복원 신호를 선택할 수 있다.

발명의 효과

- [0016] 하기 실시예들에 따르면, 수신 신호에서 성긴 신호(sparse signal)을 정확히 복원할 수 있다.
- [0017] 하기 실시예들에 따르면, 적은 계산량으로 성긴 신호를 복원할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 수신 신호에서 성긴 신호를 복원하는 개념을 도시한 도면이다.

도 2는 예시적 실시예에 따라 복수의 초기 인덱스를 선택하는 개념을 도시한 도면이다.

도 3은 예시적 실시예에 따른 복원 장치의 구조를 도시한 블록도이다.

도 4는 예시적 실시예에 따른 복원 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0020] 압축 센싱(Compressed Sensing)에 따르면, 우리가 통상적으로 다루는 신호들은 대부분 어떤 특정한 신호 공간(space)으로 변형(transform)시켜 보았을 때 성긴 신호(sparse signal)에 해당한다. 성긴 신호들은 변형되기 전의 신호 공간에서 대부분의 값은 '0'이고, '0'이 아닌 신호들은 일부에 불과한 신호이다. 이러한 성긴 신호들은 아주 적은 수의 선행 측정(linear measurement)만으로도 원래의 신호를 거의 완벽하게 복원시킬 수 있다.

[0021] 도 1은 수신 신호에서 성긴 신호를 복원하는 개념을 도시한 도면이다. 도 1에서, 수신 신호 Y(110)는 성긴 신호 X(130)가 측정 행렬 A(120)에 의해 변형된 신호이다. 수신 신호 Y(110), 성긴 신호 X(130), 측정 행렬 A(120)에 포함된 작은 사각형들은 각각 수신 신호 Y(110), 성긴 신호 X(130), 측정 행렬 A(120)의 원소들을 나타낸다.

[0022] 성긴 신호 X(130)에서, 흰색의 사각형들은 그 값이 '0'인 원소들이고, 회색의 사각형들은 그 값이 '0'이 아닌 원소들이다. 도 1에 도시된 실시예에 따르면, 성긴 신호 X(130)는 대부분의 원소들은 그 값이 '0'이고, 일부의 원소들만이 그 값이 '0'이 아니다.

[0023] 압축 센싱 이론에 따르면, 특정 조건을 만족하는 측정 행렬 A(120)를 이용하면, 수신 신호 Y(110)로부터 성긴 신호 X(130)를 복원할 수 있다. 도 1에 도시된 실시예를 하기 수학적 식 1과 같이 표현할 수 있다.

[0024] [수학적 식 1]

[0025]
$$Y = AX + Z$$

[0026] 여기서, 수신 신호 Y는 $Y \in R^{m \times s}$, 측정 신호 A는 $A \in R^{m \times n}$, 성긴 신호 X는 $X \in R^{n \times s}$, 가우시안 잡음 Z는 $Z \in R^{m \times s}$ 이다. 또한, $n > m$ 이다.

[0027] 수학적 식 1에서 표현된 신호 복원 문제의 해는 하기 수학적 식 2와 같이 나타낼 수 있다.

[0028] [수학적 식 2]

[0029]
$$\min \|X\|_0 \text{ subject to } Y = AX$$

[0030] 여기서, $X=[x_1 \ x_2 \ \dots \ x_s] \in R^{n \times s}$ 이고, $\|X\|_0$ 은 성긴 신호 X의 행들 중에서 어느 하나의 원소의 값이 '0'이 아닌 행의 개수를 나타낸다.

[0031] 수학적 식 2를 푸는 문제는 복잡성이 매우 높은 것으로 알려져 있으며, 이를 해결하기 위하여 여러 가지 알고리즘이 제안되었다. 그 중에서 S-OMP 알고리즘은 복원 성능이 비교적 뛰어나고 복잡도가 낮아 널리 사용되고 있다.

[0032] 이하 도 2 내지 도 4에서는 S-OMP 알고리즘을 개선하여 복원 성능을 향상시킨 병렬 직교 매칭 퍼스(Parallel Orthogonal Matching Pursuit) 기법에 대하여 설명한다. 병렬 직교 매칭 퍼스 기법은 복수의 초기 인덱스를 선택하고, 각각의 초기 인덱스에 대하여 직교 매칭 퍼스 기법을 병렬적으로 적용한다.

[0033] 도 2는 예시적 실시예에 따라 복수의 초기 인덱스를 선택하는 개념을 도시한 도면이다. 도 2에서, 첫 번째 열은 직교 매칭 퍼스 기법의 반복 횟수를 나타내고, 두 번째 열은 종래의 직교 매칭 퍼스 기법에 따른 해, 세 번째 열은 예시적 실시예에 따른 병렬 직교 매칭 퍼스 기법에 따른 해를 나타낸다.

[0034] 도 2에서, 는 측정 행렬의 i번째 열을 나타내고, A_t^l 는 t 번째 반복 횟수에서 1번째 인덱스 집합을 나타낸다.

[0035] 반복 횟수가 '1'인 경우에, 직교 매칭 퍼스 기법의 경우 초기 인덱스를 선택한다. 종래의 직교 매칭 퍼스 기법에 따르면 하나의 초기 인덱스만을 선택한다. 여기서, 직교 매칭 퍼스 기법은 측정 행렬의 열들 중에서 어느 하나의 열을 선택하고, 선택된 열의 인덱스를 초기 인덱스로 선택할 수 있다. 도 2에 도시된 실시예에 따르면, 종래의 직교 매칭 퍼스 기법에서는 '6'을 초기 인덱스로 선택하였다.

[0036] 반면, 예시적 실시예에 따른 병렬 직교 매칭 퍼스 기법의 경우 복수의 초기 인덱스를 선택한다. 도 2에 도시된 실시예에 따르면, 병렬 직교 매칭 퍼스 기법의 경우, '6', '3', '8'을 초기 인덱스로 선택하였다.

[0037] 반복 횟수가 증가함에 따라서, 직교 매칭 퍼스 기법은 추가 인덱스를 선택한다. 종래의 직교 매칭 퍼스 기법에서는, 반복 횟수가 '2'인 경우 '2'를 추가 인덱스로 선택하고, 반복 횟수가 '3'인 경우 '5'를 추가 인덱스로 선택하여 인덱스 집합은 {6, 2, 5}이다.

[0038] 예시적 실시예에 따른 병렬 직교 매칭 퍼스 기법은 각각의 초기 인덱스에 대하여 병렬적으로 직교 매칭 퍼스 기법을 적용하여 초기 인덱스 각각에 대응하는 추가 인덱스를 생성한다. 도 2에 도시된 실시예에서는 초기 인덱스 '6'에 대해서 추가 인덱스 '2' 및 '5'를 선택하여 인덱스 집합은 {6, 2, 5}이다. 또한, 초기 인덱스 '3'에 대해서 추가 인덱스 '4' 및 '10'을 선택하여 인덱스 집합은 {3, 2, 10}이다. 마지막으로, 초기 인덱스 '8'에 대해서 추가 인덱스 '7' 및 '1'을 선택하여 인덱스 집합은 {8, 7, 1}이다.

[0039] 도 2에 도시된 실시예를 참고하면, 예시적 실시예에 따른 병렬 직교 매칭 퍼스 기법은 선택된 초기 인덱스 각각에 대응하는 인덱스 집합을 생성한다. 이 인덱스 집합들로 구성할 수 있는 신호를 성긴 신호의 후보 신호들이라 할 수 있으며, 병렬 직교 매칭 퍼스 기법은 복수의 후보 신호들 중에서 성긴 신호의 복원 신호를 선택한다.

[0040] 도 2에 도시된 실시예에 따르면, 병렬 직교 매칭 퍼스 기법은 수신 신호와 각각의 복원 신호에 대하여 오차 신호를 생성하고, 생성된 오차 신호의 크기에 따라서 후보 신호들 중에서 복원 신호를 선택할 수 있다.

[0041] 이하 도 3 내지 도 4에서 병렬 직교 매칭 퍼스 기법을 이용한 신호 복원 기법에 대하여 구체적으로 설명하기로 한다.

[0042] 도 3은 예시적 실시예에 따른 복원 장치의 구조를 도시한 블록도이다. 예시적 실시예에 따른 복원 장치(300)는 초기화부(310), 반복 수행부(320) 및 선택부(330)를 포함한다.

[0043] 초기화부(310)는 잔여 행렬(residual matrix) R^l 의 초기값 R_0^l , 인덱스 집합 Λ^l 의 초기값 Λ_0^l , 반복 횟수 t를 하기 수학식 3과 같이 초기화할 수 있다.

[0044] [수학식 3]

[0045]
$$R_0^l = Y$$

[0046]
$$\Lambda_0^l = \emptyset$$

$t = 1$

여기서 잔여 행렬 $\mathbf{R}^l$ 은 1번째 POMP블록을 통해 생성된 수신신호 $\mathbf{Y}$ 의 근사행렬 (approximation matrix) $\hat{\mathbf{Y}}_t^l$ 과 수신신호 $\mathbf{Y}$ 간의 오차를 의미한다.

뿐만 아니라, 초기화부(310)는 수신 신호를 수신하고, 수신 신호에 대하여 직교 매칭 퍼스ٹ 기법을 적용하기 위한 초기 인덱스를 복수 개 선택할 수 있다. 여기서, 초기 인덱스는 측정 행렬의 열 벡터들 중에서 초기 벡터로 선택된 벡터들의 인덱스일 수 있다. 초기화부(310)는 수신 신호와 직교 매칭 퍼스ٹ 기법의 측정 행렬간의 상관도를 산출하고, 상관도의 값의 크기에 따라서 복수의 초기 인덱스를 선택할 수 있다. 일측에 따르면, 초기화부(310)는 하기 수학적 식 4와 같이, 수신 신호 $\mathbf{Y}$ 와 측정 행렬 $\mathbf{A}$ 의 상관도가 큰 순서대로 L개의 초기 인덱스 λ_t^l 를 선택할 수 있다.

[수학적 식 4]

$$\lambda_t^l = \operatorname{argmax}_{i/\lambda_{t-1}^l} \sum_{j=1}^J |\langle \mathbf{R}_{t-1}^l(j), \mathbf{a}_i \rangle|^2$$

여기서, $\mathbf{a}_i$ 는 측정 행렬 $\mathbf{A}$ 의 i 번째 열을 나타내고, $\mathbf{R}_{t-1}^l(j)$ 는 1번째 후보집합을 통해 계산된 잔여행렬의 j 번째 열을 의미한다. 수학적 식 4에서 $|\langle \mathbf{c}, \mathbf{d} \rangle|$ 는 벡터 c, d의 내적을 의미한다.

수학적 식 4를 참고하면, 초기화부(310)는 측정 행렬 $\mathbf{A}$ 의 각 열과, $\mathbf{R}_{t-1}^l$ 의 내적을 통해 나온 크기의 벡터의 합이 가장 큰 i가 $\hat{\mathbf{X}}$ 의 t 번째 '0'이 아닌 열이 된다.

초기화부(310)는 생성된 인덱스 λ_t^l 를 하기 수학적 식 5에 따라서, 종래의 인덱스 집합과 병합한다.

[수학적 식 5]

$$\mathbf{A}_t^l = \mathbf{A}_{t-1}^l \cup \{\lambda_t^l\}$$

초기화부(310)는 인덱스 집합 λ_t^l 에 포함된 인덱스들의 스패(span)위로의 정사영(orthogonal projection)인 $\mathbf{P}_t^l$ 를 결정한다.

[수학적 식 6]

$$\mathbf{P}_t^l = \{(\mathbf{A}_t^l)^T \mathbf{A}_t^l\}^{-1} (\mathbf{A}_t^l)^T$$

여기서, $\mathbf{A}_t^l$ 은 $\mathbf{A}_t^l$ 에 속하는 원소에 해당되는 열들로 구성된 $\mathbf{A}$ 행렬의 sub-matrix를 의미한다.

[0061] 일측에 따르면, 초기화부(310)는 측정 행렬의 의사 역행렬(Pseudo Inverse Matrix)을 이용하여 정사영 P_t^l 를 결정할 수 있다.

[0062] 초기화부(310)는 결정된 정사영에 기반하여 수신 신호의 근사 행렬(approximation matrix) $\hat{Y}_t^l$ 와 잔여 행렬 R_t^l 를 하기 수학식 7과 같이 업데이트 할 수 있다.

[0063] [수학식 7]

$$[0064] \quad \hat{Y}_t^l = A(P_t^l Y)$$

$$[0065] \quad R_t^l = Y - \hat{Y}_t^l$$

[0066] 여기서 잔여 행렬 R_t^l 는 수신신호 Y와 상기 수신 신호의 근사 행렬 $\hat{Y}_t^l$ 간의오차를 의미한다.

[0067] 초기화부(310)는 수학식 3내지 수학식 7 까지의 초기화 절차를 L 번 수행하여 L 개의 초기 인덱스를 선택한다.

[0068] 반복 수행부(320)는 선택된 복수의 초기 인덱스에 대하여 직교 매칭 퍼스 기법을 병렬적으로 적용하여 초기 인덱스 각각에 대응하는 수신 신호의 근사 행렬(approximation matrix) $\hat{Y}_t^l$ 와 잔여 행렬 R_t^l 을 업데이트할 수 있다. 일측에 따르면, 반복 수행부(320)는 선택된 복수의 초기 인덱스 각각에 대하여 수학식 4 내지 수학식 7의 절차를 반복할 수 있다. 일측에 따르면, 반복 수행부(320)는 미리 결정된 상수인 K 번 만큼 수학식 4 내지 수학식 7의 절차를 반복할 수 있다.

[0069] 일측에 따르면, 반복 수행부(320)의 반복에 따라서 인덱스 집합이 일치할 수도 있다. 예를 들어, 초기 인덱스로 인덱스 3을 선택하고, 이후 반복에 따라 인덱스 2를 추가한 경우의 인덱스 집합과, 초기 인덱스로 인덱스 2를 선택하고, 이후 반복에 따라 인덱스 3을 추가한 경우에 초기 인덱스 '3'에 대응되는 인덱스 집합은 {3, 2}이고, 초기 인덱스 '2'에 대응되는 인덱스 집합은 {2, 3}이다. 반복 생성부(320)는 초기 인덱스 및 추가 인덱스들을 포함하는 인덱스 집합들을 서로 비교할 수 있다.

[0070] 일측에 따르면, 동일한 인덱스를 포함하는 인덱스 집합이 존재하는 경우에, 반복 수행부(320)는 동일한 인덱스를 포함하는 인덱스 집합들 중에서 어느 하나의 집합에 대해서만 반복을 계산하고, 다른 인덱스 집합에 대해서는 반복을 중단하여 무의미한 반복 계산을 피할 수 있다.

[0071] 다른 측면에 따르면, t번째 반복과정에서 동일한 인덱스를 포함하는 인덱스 집합이 존재하는 경우에, t번째 반복과정의 초기화부(310)는 동일한 인덱스를 포함하는 인덱스 집합의 개수에 비례하여 인덱스를 재선택할 수 있다. 예를 들어, N개의 인덱스 집합이 존재하는 경우, 초기화부(310)는 t번째 반복과정에서 N-1개의 초기 인덱스를 재선택할 수 있다. 이 경우, 반복 수행부(320)는 재선택된 초기 인덱스에 대하여 직교 매칭 퍼스 기법을 적용하여 인덱스 집합을 생성할 수 있다.

[0072] 선택부(330)는 초기화부(310) 및 반복 수행부(320)가 생성한 근사 행렬들에 기반하여 성긴 신호의 복원 신호를 선택한다. 일측에 따르면, 선택부(330)는 각 근사 행렬과 수신 신호간의 오차에 따라서 복원 신호를 선택할 수 있다. 선택부(330)는 하기 수학식 7과 같이, 각 근사 행렬과 수신 신호간의 오차를 의미하는 잔여 행렬의 크기

가 최소가 되는 인덱스 집합을 통하여 복원된 신호를 성진 신호의 복원 신호로 선택할 수 있다.

[0073] [수학식 8]

$$[0074] \quad \hat{l} = \arg \min_l \|R_K^l\|_2$$

$$[0075] \quad \hat{x} = \hat{P}_K^l Y$$

[0076] 도 4는 예시적 실시예에 따른 복원 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.

[0077] 단계(410)에서, 복원 장치는 잔여 행렬(residual matrix) R^L 의 초기값 R_0^L 인덱스 집합 Λ^L 의 초기값 Λ_0^L , 반복 횟수 t 를 하기 수학식 3과 같이 초기화할 수 있다.

[0078] 또한, 복원 장치는 수신 신호를 수신하고, 수신 신호에 대하여 직교 매칭 퍼스 기법을 적용하기 위한 초기 인덱스를 복수 개 선택할 수 있다. 여기서, 초기 인덱스는 측정 행렬의 열 벡터들 중에서 초기 벡터로 선택된 벡터들의 인덱스일 수 있다. 복원 장치는 수신 신호와 직교 매칭 퍼스 기법의 측정 행렬간의 상관도를 산출하고, 상관도의 값의 크기에 따라서 복수의 초기 인덱스를 선택할 수 있다.

[0079] 복원 장치는 생성된 인덱스 λ_t^l 를 종래의 인덱스 집합과 병합한다.

[0080] 복원 장치는 인덱스 집합 Λ_t^l 에 포함된 인덱스들의 스패(span)위로의 정사영(orthogonal projection)인 P_t^l 를 결정한다. 일측에 따르면, 복원 장치는 측정 행렬의 의사 역행렬(Pseudo Inverse Matrix)을 이용하여 정사영 P_t^l 를 결정할 수 있다.

[0081] 복원 장치는 결정된 정사영에 기반하여 수신 신호의 근사 행렬(approximation matrix) $\hat{Y}_t^l$ 와 잔여 행렬 R_t^l 를 업데이트 할 수 있다.

[0082] 단계(420)에서, 복원 장치는 선택된 복수의 초기 인덱스에 대하여 직교 매칭 퍼스 기법을 병렬적으로 적용하여 초기 인덱스 각각에 대응하는 수신 신호의 근사 행렬(approximation matrix) $\hat{Y}_t^l$ 와 잔여 행렬 R_t^l 를 업데이트 할 수 있다.

[0083] 일측에 따르면, 단계(425)에서의 복원 장치는 초기 인덱스 및 추가 인덱스들을 포함하는 인덱스 집합들을 서로 비교할 수 있다. 이 경우, 반복에 따라서 인덱스 집합이 일치할 수도 있다.

[0084] 일측에 따르면, 동일한 인덱스를 포함하는 인덱스 집합이 존재하는 경우에, 복원 장치는 단계(420)에서 동일한 인덱스를 포함하는 인덱스 집합들 중에서 어느 하나의 집합에 대해서만 반복을 계산하고, 다른 인덱스 집합에 대해서는 반복을 중단하여 무의미한 반복 계산을 피할 수 있다.

[0085] 다른 측면에 따르면, t 번째 반복과정에서 동일한 인덱스를 포함하는 인덱스 집합이 존재하는 경우에, t 번째 반복 과정의 복원 장치는 단계(410)에서 동일한 인덱스를 포함하는 인덱스 집합의 개수에 비례하여 인덱스를 재선택 할 수 있다. 이 경우, 복원 장치는 단계(420)에서 재선택된 초기 인덱스에 대하여 직교 매칭 퍼스 기법을 적용하여 인덱스 집합을 생성할 수 있다.

[0086] 단계(430)에서, 복원 장치는 생성된 근사 행렬들에 기반하여 성긴 신호의 복원 신호를 선택한다. 일측에 따르면, 복원 장치는 각 근사 행렬과 수신 신호간의 오차에 따라서 복원 신호를 선택할 수 있다. 복원 장치는 각 근사 행렬과 수신 신호간의 오차를 의미하는 잔여 행렬의 크기가 최소가 되는 인덱스 집합을 통하여 복원된 신호를 성긴 신호의 복원 신호로 선택할 수 있다.

[0087] 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. 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-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0088] 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.

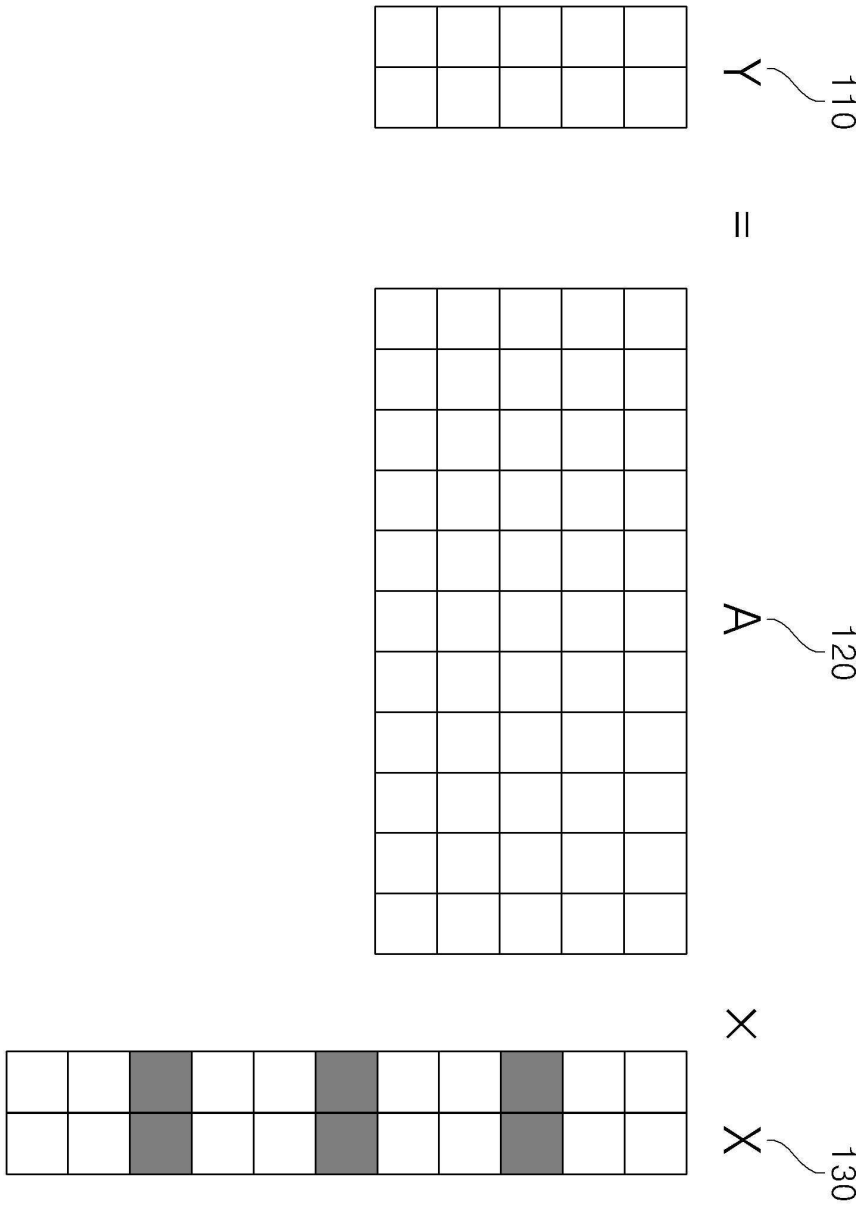
[0089] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0090] 110: 수신 신호
120: 측정 행렬
130: 성긴 신호

도면

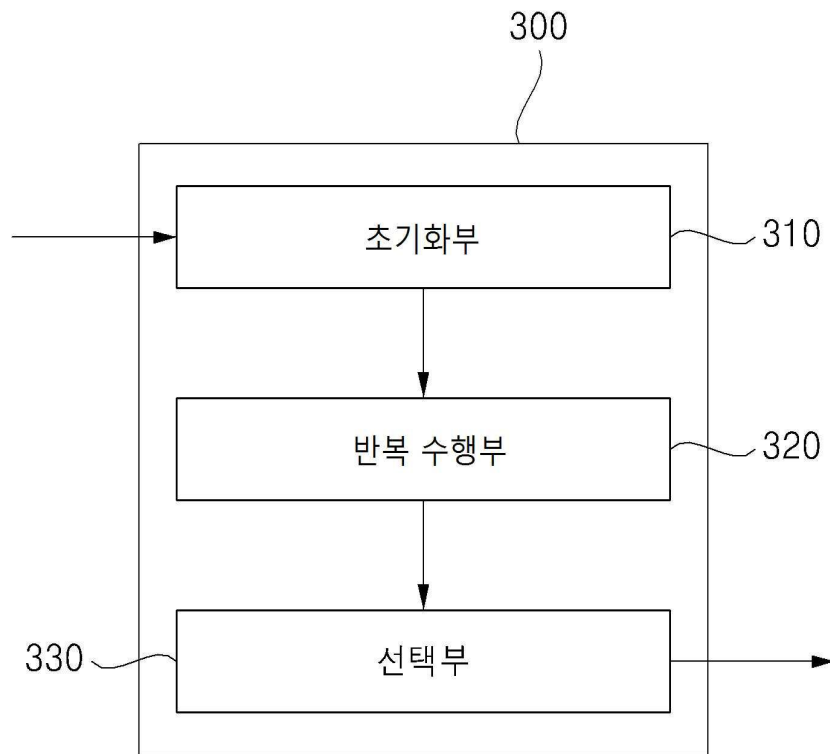
도면1



반복	OMP	POMP (M=3)
1	$\Lambda_1=\{a_6\}$	$\Lambda_1^1=\{a_6\}$, $\Lambda_1^2=\{a_3\}$, $\Lambda_1^3=\{a_8\}$
2	$\Lambda_2=\{a_6, a_2\}$	$\Lambda_2^1=\{a_6, a_2\}$ $\Lambda_2^2=\{a_3, a_4\}$ $\Lambda_2^3=\{a_8, a_7\}$
3	$\Lambda_3=\{a_6, a_2, a_5\}$	$\Lambda_3^1=\{a_6, a_2, a_5\}$ $\Lambda_3^2=\{a_3, a_4, a_{10}\}$ $\Lambda_3^3=\{a_8, a_7, a_1\}$
4	$\vdots$ $\vdots$ $\vdots$	$\vdots$ $\vdots$ $\vdots$

도면2

도면3



도면4

