

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年7月18日(18.07.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/150511 A1

(51) 国際特許分類:
H03M 7/30 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/039793

(22) 国際出願日: 2023年11月6日(06.11.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2023-001730 2023年1月10日(10.01.2023) JP

(71) 出願人: 国立大学法人大阪大学 (OSAKA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 Osaka (JP).

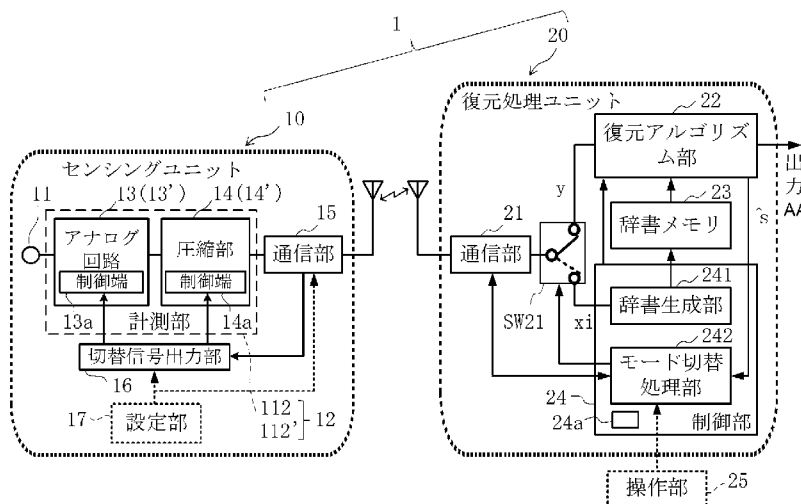
(72) 発明者: 兼本 大輔 (KANEMOTO Daisuke); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人 楓国際特許事務所 (KAEDE PATENT ATTORNEYS' OFFICE); 〒5400011 大阪府大阪市中央区農人橋1丁目4番34号 Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: SIGNAL SENDING DEVICE, SIGNAL RECONSTRUCTION PROCESSING DEVICE, AND SIGNAL TRANSMISSION SYSTEM

(54) 発明の名称: 信号送信装置、信号復元処理装置及び信号伝送システム



10 Sensing unit
12 Measurement part
13 Analog circuit
13a, 14a Control terminal
14 Compression part
15, 21 Communication part
16 Switching signal output part
17 Setting part
20 Reconstruction processing unit
22 Reconstruction algorithm part
23 Dictionary memory
24 Control part
25 Operation part
241 Dictionary generation part
242 Mode switching processing part
AA Output

(57) Abstract: In the present invention, a sensing unit 10 comprises: a measurement part 12 that compresses a target signal on the basis of an observation matrix Φ to obtain a first signal; a communication part 15 that sends the first signal obtained by the measurement part 12 to an external reconstruction processing unit 20; and a switching signal output part 16 that outputs a switching signal. When the measurement part 12 receives the switching signal, the measurement part 12 compresses the target signal with lower compression than the first signal to obtain a second signal, and a first communication part sends the obtained second signal to the external reconstruction processing unit 20 in place of the first signal. Due to this configuration, provided is a signal transmission technology with which power consumption can be reduced.

[続葉有]

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: センシングユニット 10 は、対象信号を観測行列Φに基づき圧縮して第1の信号を取り込む計測部12と、計測部12に取り込まれた第1の信号を外部の復元処理ユニット20に送信する通信部15と、切替信号を出力する切替信号出力部16とを備える。計測部12は、切替信号を受け付けると、対象信号を第1の信号より低圧縮で圧縮して第2の信号を取り込み、第1の通信部は、取り込まれた第2の信号を第1の信号に代えて外部の復元処理ユニット20に送信する。これによって、低消費電力化が可能な信号伝送技術を提供する。

明 細 書

発明の名称：

信号送信装置、信号復元処理装置及び信号伝送システム

技術分野

[0001] 本発明は、低消費電力化が可能な信号伝送技術に関する。

背景技術

[0002] 近年、IoT (Internet of Things) の普及に伴い、例えば生体の状態などをセンシングし、センシングした生体信号を無線でコンピュータ（エッジコンピュータ）側へ送信するセンシングデバイスの需要が一段と増している。生体信号をセンシングするデバイスの場合、身体に装着するウェアラブル型が一般的であることから、デバイスの小型化及び長期動作性が求められる。従って、小型バッテリーであっても長期に亘って動作を継続させる必要があることから、センシングデバイスに対する低消費電力化技術の開発に対して高い要請がある。そのため、今日、非特許文献1～4に記載されているように、脳波信号を圧縮しながらセンシングすることで消費電力を大幅に削減することが可能な圧縮センシング技術が提案されており、多くのセンシングデバイスへの搭載が検討されている。

[0003] 図6は、圧縮センシングの基本的な処理を説明する図で、(A)は、センシングにより取得する信号ベクトル x をある辞書行列 Ψ と、疎な（すなわち、0レベルあるいは0レベルと見なせる要素が多く含まれる）スパースベクトル s で表現した図、(B)は、信号ベクトル x を、信号の圧縮に用いる観測行列 Φ を用いて圧縮信号 y を得ることを説明する図、(C)は、センシング行列 $\theta = \Phi \times \Psi$ とすると、(B)の圧縮信号 y とスパースベクトル s との関係をセンシング行列 θ を用いて示した図である。なお、図6において、行と列とで決まる各マス目に付された濃淡は便宜的に信号レベルを表しており、特に白色のマス目は0レベルを表す。より詳細には、圧縮センシングでは、 n 個の要素を持つ信号ベクトル x に $m \times n$ ($m < n$) の観測行列 Φ を乗

じること、 m 個の要素を持つ圧縮信号 y を得る（図6（B）参照）。一般的に、 $m < n$ の条件下で、 y と Φ から正確に x を復元することは不可能である。しかしながら、 x をある辞書行列 Ψ と、疎なスパースベクトル s との積で表すことができる場合（図6（A）参照）、圧縮ベクトル y とセンシング行列 θ とからスパースベクトル s を推測するアルゴリズムは種々存在し、かつ推測された推測ベクトル $\hat{s}$ と辞書行列 Ψ との積により復元信号 $\hat{x}$ を求めることができる。復元アルゴリズムとしては、例えば、BSBL (Block Sparse Bayesian Learning)（非特許文献5）や、OMP (Orthogonal Matching Pursuit) などが周知である。圧縮センシングで復元が可能か否かは、センシングした信号がスパースベクトルに変換できるかどうか重要である。すなわち、高いスパース性を有するベクトルに変換できる辞書行列 Ψ の存在が重要となる。例えば生体信号などの自然界の信号は、信号パターンが決まっているものが多く、特定の辞書行列を用いることでスパースベクトルに変換できる傾向にあることが分かっている。

[0004] 圧縮センシングは、低消費電力化のための重要な技術の一つであるが、前記のように不可逆圧縮の一種であることから復元精度の維持、向上が求められている。ただし、復元精度と復元時間とはトレードオフの関係にあるため、高精度の復元を実現するには復元に要する所要時間の短縮化が課題となる。例えばOMP復元アルゴリズムは、復元時間は非常に短いが復元精度は期待できず、一方、BSBL復元アルゴリズムは、ベイズ推定を活用した高精度復元方式ではあるが、計算時間がかかるという課題が存在している。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献1: Daisuke Kanemoto, Shun Katsumata, Masao Aihara, and Makoto Ohki, "Framework of Applying Independent Component Analysis After Compressed Sensing for Electroencephalogram Signals," in Proc. IEEE Biomed. Circuits Syst. Conf. (BioCAS), Oct. 2018, pp. 145-148.

非特許文献2: Daisuke Kanemoto, Shun Katsumata, Masao Aihara, and Makoto Ohki, "Compressed Sensing Framework Applying Independent Component Analysis after Undersampling for Reconstructing Electroencephalogram Signals," IEICE Trans. Fundamentals, vol. E103-A, no. 12, pp. 1647-1654, Dec. 2020.

非特許文献3: Yuki Okabe, Daisuke Kanemoto, Osamu Maida, and Tetsuya Hirose, "Compressed Sensing EEG Measurement Technique with Normally Distributed Sampling Series," IEICE Trans. Fundamentals, vol. E105-A, no. 10, pp. 1429-1433, Oct. 2022.

非特許文献4: Shun Katsumata, Daisuke Kanemoto, and Makoto Ohki, "Applying Outlier Detection and Independent Component Analysis for Compressed Sensing EEG Measurement Framework," in Proc. IEEE Biomed. Circuits Syst. Conf. (BioCAS), Oct. 2019, pp. 1-4.

非特許文献5: Z. Zhang, T.P. Jung, S. Makeig, and B.D. Rao, "Compressed sensing of EEG for wireless telemonitoring with low energy consumption and inexpensive hardware," IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 60, no. 1, pp. 221-224, Jan. 2013.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 本発明者は、前記した背景をもとに、過去に取得した信号を辞書として活用することで、復元アルゴリズムとしてBSBLを活用しても高精度復元かつ高速復元を実現可能にする手法を提案した（特願2022-28896号、出願日2022年2月28日）。

[0007] ところで、この手法をIoTなどの少量多品種や利用者依存性のある生体信号を対象として適用する場合、様々な検出信号に対しても好適に圧縮及び復元処理を行うセンシング装置を実現するためには、各種の検出信号に対応させた最適な辞書を備えることが望まれる。また、測定対象、すなわち検出信号

自体が経時的に、例えば変動したり、あるいは少しずつ変化・変移したりするような場合でも、かかる変動、変化・変移（以下、変動という。）に対して、また利用者依存性に対しても、復元精度を落とすことなく好適なセンシングを維持する必要がある。さらに、圧縮センシング処理及び取り込んだ信号の復元側への送信における低消費電力化の技術に関しては、更なる改善の要請がある。

[0008] 本発明は上記に鑑みてなされたもので、圧縮センシング処理及び外部送信における低消費電力化を可能にする信号送信装置、信号復元処理装置及び信号伝送システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明に係る信号送信装置は、対象信号を観測行列に基づき圧縮して第1の信号を取り込む計測部と、前記計測部に取り込まれた前記第1の信号を外部に送信する第1の通信部と、切替信号を出力する切替信号出力部とを備え、前記計測部は、前記切替信号を受け付けると、前記対象信号を前記第1の信号より低圧縮で圧縮して第2の信号を取り込み、前記第1の通信部は、取り込まれた前記第2の信号を外部に送信するものである。

[0010] 本発明によれば、計測部によって対象信号は観測行列を介して圧縮され、第1の信号として取り込まれ、第1の通信部によって外部に送信される。また、計測部は、対象信号に対して第1の信号より低圧縮で圧縮して第2の信号を取り込むようになされており、切替信号出力部からの切替信号を受け付けると、第2の信号は第1の通信部によって外部に送信される。従って、計測部及び第1の通信部は、通常時の動作として、第1の信号への圧縮、圧縮信号の外部送信を行うので低消費電力での動作が可能となる。また、例えば復元用の辞書行列の更新等に関連するタイミングで、利用可能な第2の信号の取り込みを行う場合に低圧縮処理と送信処理とによって消費電力が一時的に増大するものの、それ以外の通常時では低消費電力で動作可能であるので、全体として低消費電力で動作させながら、例えば検出信号の復元精度の維持等が図れる。なお、第1の信号より低圧縮には、非圧縮を含む。

[0011] また、本発明に係る信号復元装置は、前記信号送信装置の第 1 の通信部からの信号を受信する第 2 の通信部と、辞書行列を記録する辞書メモリと、前記第 2 の通信部で受信された信号のうち、前記第 1 の信号から、前記観測行列と前記辞書行列とを用いて推測信号を求め、求めた推測信号と前記辞書行列との積を求めて復元信号を導出する復元アルゴリズム部と、前記第 2 の通信部で受信された信号のうち、前記第 2 の信号から、新たな辞書行列を生成して前記辞書メモリに記憶する辞書生成部とを備えたものである。

[0012] 本発明によれば、復元アルゴリズム部によって、第 1 の信号から観測行列と辞書行列とを用いて推測信号が求められ、求められた推測信号と前記辞書行列との積が求められて復元信号が導出される。一方、辞書生成部によって、第 2 の信号から新たな辞書行列が生成されて辞書メモリに記憶される。このように、辞書行列が第 2 の信号から生成、更新されることによって、復元信号に対する高い復元精度が維持される。

[0013] また、本発明に係る信号伝送システムは、通信部で結ばれた前記信号送信装置及び前記信号復元処理装置を備えたもので、この構成により、低消費電力化が可能で、かつ高い復元精度が維持可能となる。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、低消費電力化が可能な信号送信装置及び信号伝送システムを提供できる。また、対象の経時的な変動などに関わらず、検出信号の復元精度が維持可能な信号復元処理装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]圧縮センシングシステムの第 1 の実施形態を示すブロック図である。

[図2]図 1 の圧縮センシングシステムの一部構成を機能的に示したブロック図で、(A)はセンシングユニット側の図、(B)は復元処理ユニット側の図である。

[図3]復元処理ユニットの制御部によって実行される辞書更新処理の手順の一例を示すフローチャートである。

[図4]離散化検出信号 x_i と辞書行列 Ψ との関係を簡単に説明する図であり、

より詳細には、離散化検出信号 x_i から形成された設定列数を有する辞書行列 Ψ の構成例を示し、(A) はソートを掛けた場合の 20 列 (設定列数) からなる辞書の図、(B) は出現頻度を考慮するなどして、(A) の 20 列の離散化検出信号 x_i から選抜された 11 列 (設定列数) からなる、より小サイズの辞書の図である。

[図5] センシングユニットの第 2 の実施形態を示すブロック図である。

[図6] 圧縮センシングの基本的な処理を説明する図で、(A) は、センシングにより取得する信号ベクトル x をある辞書行列 Ψ と、疎な (すなわち、0 レベルあるいは 0 レベルと見なせる要素が多く含まれる) スパースベクトル s で表現した図、(B) は、信号ベクトル x を、信号の圧縮に用いる観測行列 Φ を用いて圧縮信号 y を得ることを説明する図、(C) は、センシング行列 $\theta = \Phi \times \Psi$ とするとき、(B) の圧縮信号 y とスパースベクトル s との関係をセンシング行列 θ を用いて示した図である。

[図7] 圧縮センシング方式と、辞書行列の更新に伴って復元処理ユニットからセンシングユニット側に送信される情報との関係を説明するための図で、(A) は、ランダムアンダーサンプリングを活用した圧縮センシング方式、(B) は、アナログドメイン圧縮センシング方式、(C) は、デジタルドメイン圧縮サンプリング方式を示す図である。

発明を実施するための形態

[0016] 図 1 は、本発明に係る信号送信装置として適用される圧縮センシングシステム 1 の第 1 の実施形態を示すブロック図である。圧縮センシングシステム 1 は、例えば生体に装着してウェアラブルな態様で測定対象の状態を測定するセンシングユニット 10 と、プロセッサ (CPU 等) を実装する復元処理ユニット 20 とを備える。まず、センシングユニット 10 及び復元処理ユニット 20 の概要を説明する。

[0017] センシングユニット 10 は、センサ 11 と、前処理用としてのアンプ、フィルタを備えたアナログ回路 13 及び例えば ADC (Analog Digital Converter) からなる圧縮部 14 を有する計測部 12 と、復元処理ユニット 20 との

間で、例えばブルートゥース（登録商標）（Bluetooth）やWi-Fiなどの近距離無線通信が可能なアンテナを含む通信部15とを備える。また、センシングユニット10は、計測部12に対して後述するモードの切替を行わせる切替信号を出力する切替信号出力部16と、必要に応じて用いられるモード切替のための設定部17とを備える。なお、図示していないが、センシングユニット10には二次電池等のバッテリー又は発電素子等の電力源が内装されている。センシングユニット10は、バッテリーや発電素子等を内装することで、復元処理ユニット20に対して遠隔的なセンシングを可能としている。なお、機能的にはセンサ11を計測部12に含めてもよい。

[0018] 復元処理ユニット20は、通信部15との間で信号の送受信を行うアンテナを含む通信部21と、通信部21を経て受信された圧縮信号から復元信号を生成する復元アルゴリズム部22と、復元処理に適用される各種の情報、例えば辞書行列 Ψ 、センシング行列 θ （ $=\Phi \times \Psi$ ）を記憶する辞書メモリ23とを備える。なお、観測行列 Φ は、圧縮センシングで適用される変換行列である。また、復元処理ユニット20は、辞書行列 Ψ の更新処理を実行する制御部24と、必要に応じて用いられる、外部からのマニュアル操作でモード切替を指示する操作部25とを備える。制御部24は、プロセッサ（CPU等）を備えると共に、圧縮センシングモードと辞書生成モードとを選択的に切り替えて実行させる制御プログラムを記憶するメモリ部24aを有する。制御部24は、制御プログラムを実行することで、後述する辞書生成部241及びモード切替処理部242として機能する。

[0019] センシングユニット10に戻って、センサ11は、種々の検出対象に対応するものが採用可能であり、本実施形態では、生体信号、例えば脳波信号（電気信号）を測定する電極を有する。センサ11は、例えば人体貼付型の一対の電極、あるいは、例えば頭部に被るヘッドギアに予め分散搭載された所定対の電極が頭皮に当接するように設置されたものでよい。

[0020] 計測部12のアナログ回路13及び圧縮部14は、本実施形態では、切替信号出力部16からの切替信号が動作切替用の制御端13a、14aに入力

されることで、圧縮センシングモードと後述する辞書生成モードとに切り替えられて動作する。なお、計測部 12 は、圧縮センシングモードで動作するときの回路状態を便宜上第 1 の回路 112 といい、アナログ回路 13 及び圧縮部 14 を備え、一方、辞書生成モードで動作するときの回路状態を便宜上第 2 の回路 112' といい、アナログ回路 13' 及び圧縮部 14' を備えたものとする。

[0021] 切替信号出力部 16 は、後述するように復元処理ユニット 20 側から、あるいは設定部 17 からの切替指示の信号を受け付けると、モードを辞書生成モードに切り替える切替信号を出力する。なお、設定部 17 は、例えばタイマを含み、センシングユニット 10 の動作開始からの経過時間、あるいは所定の繰り返し時間を計時すると、切替指示を切替信号出力部 16 に出力し、また通信部 15 を経てモード切替処理部 242 に出力する。これによって、センシングユニット 10 側で切替指示の信号が発せられた場合でも、センシングユニット 10 と復元処理ユニット 20 とを連携させて辞書生成モードを実行することができる。

[0022] ここで、圧縮センシングモードとは、消費電力を抑制した状態でのセンシングユニット 10 の通常動作のモードである。圧縮センシングモードは、第 1 の実施形態では、低消費電力で駆動されるアナログ回路 13 で発生する回路雑音によって S/N 比が低下するものの、圧縮部 14 で低サンプリングでデータを圧縮して取得し、かつ圧縮によって復元処理ユニット 20 側への送信データ量を減らすことで、前処理、圧縮処理及び送信処理において電力消費が抑制される。なお、アナログ回路 13 は、用途等によっては、圧縮センシングモードでも S/N 比の高い回路を採用してもよい。

[0023] 次に、検出信号 x にスパース性を与える辞書行列 Ψ について説明する。辞書行列 Ψ によって、検出信号 x をスパース性の高いスパースベクトル s で表現できる場合は、辞書行列 Ψ を構成する各列ベクトルと検出信号 x との間に高い相関を有する場合が考えられる。例えば生体信号などの比較的同じような特徴を有する波形が続く信号は、信号特性が時々刻々大幅に変化するもの

ではないことから、切り出したベクトル間に一定の相関を有する信号とみることができる。一方、生体信号が経時的に変動すると、辞書行列 Ψ との相関が漸次低下し、スパース性が劣化することになり、その結果、復元信号 $\hat{x}$ の精度（復元精度）が低下することとなる。そこで、適宜なタイミングで辞書生成モードに切り替えて、直近の生体信号を辞書に用いる品質の高い信号として取得して辞書行列 Ψ を更新し、復元信号 $\hat{x}$ の精度維持を図るようにしたものである。辞書生成モードとは、適宜なタイミングで一時的に所定列数分の生体信号を高サンプリングで取得するモードである。より詳細には、辞書生成モードは、第1の実施形態では、高消費電力でアナログ回路13'を動作させることで回路雑音の発生を抑制し、S/N比を増加させたり、信号帯域を拡張させたりする。かつ、典型的には非圧縮での高サンプリング動作を行い、一方で復元処理ユニット20側へのより多くのデータの送信に消費電力が増大するものの、辞書に使用するデータを高精度で取得する。

[0024] アナログ回路13のS/N比を変更する方法はいくつかあるが、例えば回路内に流れる電流を調整する方法がある。より具体的には、第1の実施形態に係るセンシングユニット10における圧縮センシングモードと辞書生成モードとの切替は、切替信号出力部16からの切替信号によって行われる。第1の実施形態では、アンプ及びフィルタを有するアナログ回路13の回路構成はほぼ兼用され、制御端13aに入力される切替信号によって動作のモードが切り替えられることで、回路構成の大型化を抑制している。

[0025] アナログ回路13内のアンプに流れる電流を調整する方法は種々あり、例えば、図略の制御回路を採用してアンプに流れる電流値を制御する態様や、切替信号出力部16から制御端13aに出力されるモードに応じた2値の切替信号で電流値を大小調整する態様が採用可能である。アナログ回路13内のアンプは、高雑音となるが低消費電力（第1の電力）で圧縮センシングモードを実行し、アナログ回路13'内のアンプは、高消費電力（第2の電力）となるが低雑音で辞書生成モードを実行する。

[0026] また、アナログ回路13内のフィルタも、前記アンプと同様に、モードに

応じた消費電力の大小によって、辞書生成モードでの S/N 比が高くなるようにされている。さらに、フィルタの場合、モードに応じた2値の切替信号を利用して、例えば、フィルタ回路内のトランスコンダクタンス等を電圧で制御する態様、またはフィルタを構成する L 、 C 素子の機能部位を切り替える態様が考えられる。このように、 S/N 比の調整、及びフィルタのバンドパス帯域を調整、例えば、圧縮センシングモードでは第1の通過域に設定する一方、辞書作成モードでは第1の通過域より広い第2の通過域で、より広い周波数成分の信号を取得することで、精度の高い辞書を生成可能にしている。なお、アナログ回路13のアンプとフィルタに対するモード切替は、両方に限らず、少なくとも一方に対して施されてもよい。

[0027] 辞書生成モードは、更新頻度が対象によって異なるとしても、圧縮センシングモードの稼働期間全体に対して短時間であるため、辞書生成モードを間欠的に採用しても全体として消費電力の増大は問題とならない。また、辞書生成モードで、低雑音で高精度の信号で辞書行列 Ψ を生成し、この辞書行列 Ψ を用いて検出信号 x の復元処理を行うため、検出信号にノイズが混在しても復元されにくくなることから、圧縮センシングモードにおけるノイズ低減効果が図れる。

[0028] 次に、圧縮部14は、アナログ回路13から出力された対象信号を所定周波数、例えば脳波信号の場合ではナイキストサンプリングレート相当の、例えば200Hzで3秒間を1フレームとして高サンプリングする辞書生成モードと、対象信号を所定の比率、例えば1/10に間引きながら低サンプリングする圧縮処理の圧縮センシングモードとを選択的に実行する。

[0029] 圧縮部14の詳細は、図2(A)に示すように、積の演算を行う演算モジュール140を有し、圧縮センシングモードでは、サンプリングされた検出信号 x と圧縮に用いる観測行列 Φ との積を取る計算を行って、圧縮信号 y を、 $y = \Phi x$ のように実現する。なお、圧縮センシングには、圧縮部14を構成するADC等が観測行列 Φ に基づいて、予め設定されたタイミングで間引きながらサンプリング動作を行う態様を含めてもよい。

- [0030] 辞書生成モードでは、切替信号によって圧縮部 14' は、例えば、観測行列 Φ に代えて単位行列 I （正方行列の対角成分が 1 で、それ以外が零である行列）を適用することで、非圧縮の高サンプリングで離散化された離散化検出信号 x_i （図 2（A）参照）を辞書更新用信号として出力する。なお、辞書生成モードにおける高サンプリングは、前記の非圧縮センシングに限らず、圧縮センシングモードよりも低い圧縮比における圧縮サンプリングであってもよい。
- [0031] なお、演算モジュール 140 は、ADC のようなハードウェアで構成されたものに限らず、ソフトウェアからなる圧縮アルゴリズムを利用して構成されたものでもよい。また、圧縮センシングモードではランダムアンダーサンプリングを実現する行列やベルヌーイ行列、ガウスランダム要素で構成される行列を観測行列 Φ として用いることで情報の圧縮を行う。通信部 15 は、圧縮信号 y が取得される毎に、例えば 1 フレーム（3 秒）毎に、圧縮信号 y を復元処理ユニット 20 側に送信する。
- [0032] なお、各フレームのサンプリング動作は、連続的でもよいし、脳波信号内の特定の信号をトリガとして開始する態様でもよい。また、フレーム長は、脳波信号内の周期的な傾向が含まれる時間幅を含むように設定されていることが好ましい。
- [0033] 次に、復元処理ユニット 20 について、より具体的に説明する。通信部 21 は、センシングユニット 10 からの信号を受信し、また復元処理ユニット 20 からの切替指示の信号を切替信号出力部 16 に送信する。スイッチ SW 21 は、圧縮センシングモードでは、受信した圧縮信号 y を復元アルゴリズム部 22 に導き、一方、辞書生成モードでは、受信した離散化検出信号 x_i を辞書更新用信号として辞書生成部 241 に導く。
- [0034] 次に、圧縮センシングモードにおける復元処理について説明する。復元アルゴリズム部 22 は、図 2（B）に示すように復元アルゴリズム実行モジュール 221 及び積の演算を行う演算モジュール 222 を有する。復元アルゴリズム部 22 では、処理対象のフレームの圧縮信号 y が入力されると、例え

ばBSBLアルゴリズムが採用されている復元アルゴリズム実行モジュール221に、圧縮信号 y とセンシング行列 θ ($=\Phi \times \Psi$) とが入力されてスパース性を有する推測ベクトル $\hat{s}$ が算出される。なお、検出信号 x が、ある辞書行列 Ψ と、疎な（すなわち、0レベル若しくは0レベルと見なせる要素が多く含まれる）スパースベクトル s との積で表すことができる場合、圧縮信号 y とセンシング行列 θ とからスパースベクトル s を推測するアルゴリズムは種々存在する。復元アルゴリズムとしては、例えば、BSBL (Block Sparse Bayesian Learning) やOMP (Orthogonal Matching Pursuit) などが周知である。

[0035] 続いて演算モジュール222では、算出された推測ベクトル $\hat{s}$ と辞書行列 Ψ とが入力されて、検出信号 x に対応する復元信号 $\hat{x}$ が導出され、外部にあるいは図略の画像表示器に出力される。なお、導出された復元信号 $\hat{x}$ は、必要に応じて図外の解析部に送られ、又は辞書メモリ23あるいは他の図略のメモリに保管される。また、例えば検出対象が脳波信号である場合、解析は、認知症、てんかん、睡眠障害、アルツハイマーその他の脳病診断や集中力の測定、快不快の判定等を含むヘルスケア・医療分野のみならず幅広い分野での応用が想定される。

[0036] 次に、制御部24において、辞書生成部241は、新たな辞書行列 Ψ を生成する機能を実行する。モード切替処理部242は、モードを辞書生成モードに切り替える切替指示を出力するもので、本実施形態では、切替指示は所定の条件をクリアしたと判定された場合に発せられ、あるいは必要に応じて条件なしで発せられる場合を含めてもよい。モード切替処理部242から出力される切替指示の信号は、通信部21, 15を経て切替信号出力部16に導かれる。これによって、復元処理ユニット20側から切替指示の信号が発せられたとき、センシングユニット10と復元処理ユニット20とを連携させて辞書生成モードを実行させることができる。

[0037] ここに、切替信号を生成するための所定の条件とは、好ましくは復元信号 $\hat{x}$ の復元精度が低下し、辞書行列 Ψ の更新が必要になった場合をいう。復

元信号 $\hat{x}$ の精度が低下したかどうかの判定は、種々の方法で行うことができる。例えば、推測ベクトル $\hat{s}$ のスパース性の劣化、復元信号 $\hat{x}$ のスペクトルのヒストグラムの劣化（分散化）、復元信号 $\hat{x}$ と辞書行列 Ψ との相関性の低下から判定することができる。また、これらの判定には、今回の値と閾値との比較で行う方法、また経時方向の2回分の値の差分の大小で行う方法を含めてもよい。本実施形態では、モード切替処理部242は、復元毎に復元アルゴリズム実行モジュール221から出力される推測ベクトル $\hat{s}$ を順次取り込んでスパース性を表す値を算出し、前回と今回の値の差分、すなわち劣化分が閾値を超えると切替指示を辞書生成部241及び切替信号出力部16に出力するようにしている。

[0038] なお、以下の場合、切替指示の出力に条件がない場合を含めてもよい。すなわち、制御部24内の図略のタイマを利用して、所定の観測対象に対するセンシング動作の開始からの所定の経過時間を計時したり、操作部25からの外部操作を受け付けたりすると、モード切替処理部242から切替指示の出力を行う。

[0039] 図3は、制御部24によって実行される辞書更新処理の手順の一例を示すフローチャートである。毎回の復元処理中の所定のタイミングを判定タイミングとしてモニターし、判定タイミングに該当すると（ステップS1でYes）、モード切替処理部242は、例えば前回と今回の推測ベクトル $\hat{s}$ のスパース性を表す値の差分と閾値との大小に基づいて辞書行列を更新するかどうかを判定する（ステップS3）。すなわち、劣化を示す差分が閾値を超えた場合、辞書行列 Ψ を更新すべきと判定し（ステップS5でYes）、一方、劣化を示す差分が閾値を超えなかった場合には、更新不要として本フローを抜ける（ステップS5でNo）。モード切替処理部242は、ステップS5で辞書行列 Ψ を更新すべきと判定した場合、辞書生成モードへの切替指示を出力して、センシングユニット10を高サンプリング状態に切り替えて動作させ、所定列数分（複数フレーム分）の離散化検出信号 x_i （図2（A）参照）を取り込み、復元処理ユニット20に対して、受信した離散化検出信号 x_i を辞書

生成部 241 に入力するように信号経路を切り替える（ステップ S 7）。

[0040] 次いで、辞書生成部 241 は、入力された複数フレーム分の離散化検出信号 x_i に基づいて予め設定された列数分の辞書行列 Ψ を生成し（ステップ S 9）、生成した辞書行列 Ψ を辞書メモリ 23 に転送して更新的に記憶させる（ステップ S 11）。そして、モード切替処理部 242 は、モードを圧縮センシングモードに戻す切替処理を実行する（ステップ S 13）。なお、更新の要否の判定が不要な場合、例えばタイマが所定時間を計時した場合には、直ちにステップ S 7 に進むように処理すればよい。

[0041] なお、ステップ S 7 では、辞書生成モードにおいて、辞書生成部 241 は、1 フレームの離散化検出信号 x_i を継続して所定列数分、高サンプリングで取り込む。そして、ステップ S 9 で、辞書生成部 241 は、辞書生成プログラムに基づいて、取り込んだ順で 1 フレーム分を列ベクトルとして整列させて行列を形成し、又は相関性をより高める目的で、列方向に対して所定の並び替え（ソート）を行って新たな行列を形成し、あるいは出現頻度などを考慮し選択的な間引きを行って行列を形成する。なお、辞書行列 Ψ の列数は、スパースベクトル s の行数と等しい。従って、上記のうち出現頻度などを考慮して選択的に間引きを行う態様では、離散化検出信号 x_i のフレーム数は間引かれる列数分を含めて予め多く取得しておけばよい。この場合、離散化検出信号 x_i のフレーム数は、予め設定された時間を設けて予め設定された列数を取得する態様でもよいが、取得時間を適宜調整可能な所定時間とする態様（すなわち、取得フレーム数変動し得る所定列数）としてもよい。例えば、モード切替処理部 242 は、復元信号 $\hat{x}$ の復元精度の低下の程度に対応させて、前記したように、推測ベクトル $\hat{s}$ のスパース性の劣化、復元信号 $\hat{x}$ のスペクトルのヒストグラムの劣化（分散化）、復元信号 $\hat{x}$ と辞書行列 Ψ との相関性の低下の程度を判定し、判定した劣化の程度に対応させて、取得時間、すなわち取得する列数が調整される態様としてもよい。

[0042] 図 4 は、離散化検出信号 x_i と辞書行列 Ψ との関係を簡単に説明する図であり、より詳細には、離散化検出信号 x_i から形成された設定列数を有する辞書

行列 Ψ の構成例を示し、(A)はソートを掛けた場合の20列(設定列数)からなる辞書の図、(B)は出現頻度を考慮するなどして、(A)の20列の離散化検出信号 x_i から選抜された11列(設定列数)からなる、より小さいサイズの辞書の図である。

[0043] これらは、前記辞書生成プログラムに基づいて辞書生成部241で実行される。図4(A)に示す辞書行列 Ψ_p は、検出対象が似たような信号が得られる場合として、1フレームの離散化検出信号 x_i を列ベクトルとして並べて生成する。例えば、ここでは20個の列ベクトル $x_1 \sim x_{20}$ で辞書行列 Ψ_p を構成している。20個の列ベクトルは、辞書生成モードで取得した順番のまま配列したものでもよいが、ここでは例えば列ベクトルの平均周波数を計算し(例えば、MATLAB(登録商標)関数meanfreq)、平均周波数を高低方向にソートして配列し直したものである。このように、平均周波数を高低順に配列し直して、すなわち相関の高い信号を近接する列に配置することで、よりスパース性の高い(疎密がはっきりしている)スパースベクトル s_p への変換を可能にする辞書行列 Ψ_p が作成されている。

[0044] また、列ベクトルの平均周波数の出現頻度をヒストグラムとして求め、図4(B)に示すように出現頻度が高い平均周波数を有する列ベクトルを選択的に採用し、すなわち相関の高い信号を選択することで、より小さい辞書 Ψ_{ps} でありながらスパース性の高いスパースベクトル s_{ps} への変換も可能である。その場合、出現頻度の高い平均周波数の信号で配列する態様でもよい。あるいは、より多数のフレーム数の内からソート処理によって出現頻度の高いフレームを選出することで、より高い相関を有する辞書を作成することができる。

[0045] 続いて、図5を用いてセンシングユニット10の第2実施形態について説明する。図1に示すセンシングユニット10は、切替信号に基づいて各モードの動作を電氣的に制御するようにしている。これに対し、図5に示す計測部120では、切替指示の信号に応じてスイッチSW11, SW12が切り替えられ、並列に設けられた圧縮センシングモード用の第1の回路121と

辞書生成モード用の第2の回路122とを選択的に動作させる構成としている。この構成によれば、アナログ回路131と圧縮部141とを、またアナログ回路132と圧縮部142とを、各モードに対応した回路素子で構成すると共に供給電力（前記第1、第2の電力）乃至バンドパス帯域（前記第1、第2の通過域）で設計することで、図1の計測部12の動作と同様の動作を実現でき、かつ両モードのサンプリング比が大きく変わる場合であっても各回路の特性をモードに合わせて個別に設計することができる。

[0046] なお、本発明は、以下の態様を含むことができる。

[0047] （1）辞書行列の更新に使用される信号は、同一の対象からの信号に限らず、同様な特性を備える対象からの信号であってもよい。

[0048] （2）前記実施形態では、対象として生体信号を例に説明したが、その他、気象・環境情報のようなスパース性を備えた信号（辞書行列を用いて変換した場合、結果的に、信号がスパース性を有したような場合も含む）、また、各種設備における稼働状況モニタ用等に、例えば工場内、特にスマート工場でIoTセンサ、IoTデバイスが取得する電流値や電圧値、その他の物理量の特性を含めてもよい。

[0049] （3）前記実施形態では、アナログ回路13、13'、131、132に設けられるフィルタとしてバンドパス帯域を通過域とするフィルタを用いた例で説明したが、本発明は、かかるバンドパスフィルタに限定されず、ハイパスフィルタや、ローパスフィルタ、ノッチフィルタなどの設計された通過域とする各種のフィルタが採用可能である。

[0050] （4）前記実施形態では、圧縮センシングモードで得られた圧縮信号と低圧縮比で圧縮しながら取得した信号とを選択的に復元処理ユニット20に送信したが、両方のセンシング信号を同時に取得し、復元処理ユニット20に送信する態様としてもよい。同時送信の方法としては、公知の時分割又は周波数分割方式が採用可能である。なお、同時送信の有無を問わず、センシングユニット10及び復元処理ユニット20からの双方向の信号送信に際して送信信号列のヘッダーに信号の種類を示すフラグ等の識別情報を付加して送信

する態様としてもよい。また、通信部 15, 21 は、両センシング信号を送信受信する構成を個別に備えたものでもよい。

[0051] (5) 前記実施形態では、低圧縮サンプリングで取得した信号を、辞書行列の更新用に適用する例で説明したが、本発明は、辞書行列の更新用に限定されず、他の用途にも適用され得る。例えば、圧縮センシングモードで得られた圧縮信号と、同時に取得した低圧縮もしくは非圧縮信号の両方を復元側に送信し、復元側で、圧縮センシングモードで得られた圧縮信号から復元した信号と低圧縮もしくは非圧縮信号とを比較することで現在実施している圧縮センシングモードで得られる信号品質の評価を行うことが可能となる。評価方法としては、例えば復元した信号と非圧縮センシングで取得された信号の波形の差分を利用する方法が考えられる。さらに評価結果を、現状の作成した辞書が圧縮センシングモードで充分活用できる辞書かどうか、センシング側の回路の特性の設定程度、圧縮比の高低の設定程度に対する評価に供することが可能となる。

[0052] (6) また、本発明は、IoTなどの少量多品種に用いるセンシングユニットに辞書生成モードの機能を持たせたことで、様々な対象からの信号に対応した辞書行列を生成することができ、高い汎用性を持つセンシングユニット乃至システムが提供できる。

[0053] (7) 前記実施形態では、圧縮センシングを行う圧縮部 14, 14', 141, 142 として、ADCで間引きを行いながら情報を減らして圧縮する方法を採用したが、本発明は、かかる圧縮センシング方法に限定されない。例えば、ランダムアンダーサンプリングレートで圧縮する方法の他、AD変換前に、又はAD変換後に低サンプリングレートで圧縮する圧縮センシング方法が採用可能である（図7参照）。

[0054] 図7は、本発明に適用可能な圧縮センシング方式と、辞書行列 Ψ の更新に伴って復元処理ユニット20からセンシングユニット10側に送信される情報との関係を説明するための回路構成図で、(A)は、ランダムアンダーサンプリングを活用した圧縮センシング方式、(B)は、アナログドメイン圧

縮センシング方式、(C)は、デジタルドメイン圧縮サンプリング方式の圧縮センシングシステム1A, 1B, 1Cを示す。復元処理ユニット20からセンシングユニット10に送信される情報には、モード切替のためのトリガの他、S/N比の改善や回路の通過域変更指示、及び辞書行列 Ψ の更新に伴う情報が含まれる。例えば、辞書行列 Ψ と観測行列 Φ とは関連性があり、両者の積であるセンシング行列 θ は、信号復元精度に大きく影響する。すなわち、辞書行列 Ψ を作成した時点で、復元精度が改善する観測行列 Φ を復元処理ユニット20側で解明できるため、より適した観測行列 Φ をセンシングユニット10側に伝えるようにしている。

[0055] 図7(A)では、計測部12Aに含まれる増幅器・フィルタ部13Aが、図1と同様の前処理を実行し、ADC14A1が圧縮サンプリングを実行する。そして、辞書生成部241は、辞書行列 Ψ を更新すると、更新内容に対応した観測行列 Φ を作成し、作成した観測行列 Φ を送信情報D1としてADC14A1に送信し、更新的に書き込ませる。そのため、センシングした信号に多少の雑音が混入したり、さらに信号帯域を絞ったりしても、高い精度で復元が可能である。すなわち、回路特性を落としたり、消費電力を削減したりしても復元信号品質を担保できる。復元処理ユニット20は、どの程度、回路特性を落とせるかの調整情報を送信情報D2としてセンシングユニット10の対応する回路部に送信し、設定する。また、Digital14A2、通信部15において、上記と同様、処理や送信に使う情報量を削減しても精度が担保できる場合、扱う情報量を低減するように、復元処理ユニット20からセンシングユニット10側の対応する回路部に送信情報D2として指示を送信する。このように、扱う情報量を下げることによって、更なる低消費電力化が期待できる。

[0056] 図7(B)では、計測部12Bに含まれる増幅器・フィルタ・アナログ圧縮演算部134Bが、図1と同様の前処理と圧縮サンプリングを実行する。より具体的には、増幅器・フィルタ・アナログ圧縮演算部134Bは、前処理を施したアナログ信号に対して圧縮演算を実行する。なお、アナログドメ

インで実現する観測行列中の形態は様々あり、例えばガウスランダム行列やベルヌーイ等が適用され得る。復元処理ユニット20は、辞書行列 Ψ を更新した時点で、復元精度を高める観測行列 Φ を作成し、送信情報D1として増幅器・フィルタ・アナログ圧縮演算部134Bに送信し、更新的に書き込ませる。観測行列 Φ をセンシングユニット10側の圧縮部に伝えることで、適した圧縮が可能になる。なお、図7(B)において、ADC14B1はコンバータ動作を行い、Digital14B2及び通信部15は図7(A)と同様の作用を行う。

[0057] 図7(C)では、計測部12Cに含まれるADC14C1の下流に接続されたDigital(デジタル圧縮演算含む)14C2が、デジタル信号に対して圧縮サンプリングを実行する。なお、デジタルドメインで実現する観測行列 Φ の形態は様々あり、例えばガウスランダム行列やベルヌーイ等が適用され得る。復元処理ユニット20は、辞書行列 Ψ を更新した時点で、復元精度を高める観測行列 Φ を作成し、送信情報D1としてDigital(デジタル圧縮演算含む)14C2に送信し、更新的に書き込ませる。観測行列 Φ をセンシングユニット10側の圧縮部に伝えることで、適した圧縮が可能になる。なお、図7(C)において、増幅器・フィルタ部13Cは前処理を行い、ADC14C1はコンバータ動作を行う。

[0058] さらに、図7(A)～図7(C)の混合型の圧縮方法を採用してもよく、かかる混合型でも、基本的には各方式と同様の情報をセンシングユニット10側に送信することで、復元精度の改善及び回路特性の絞り込み(低消費電力化)が実現可能となる。

[0059] 以上説明したように、本発明に係る信号送信装置は、対象信号を観測行列に基づき圧縮して第1の信号を取り込む計測部と、前記計測部に取り込まれた前記第1の信号を外部に送信する第1の通信部と、切替信号を出力する切替信号出力部とを備え、前記計測部は、前記切替信号を受け付けると、前記対象信号を前記第1の信号より低圧縮で圧縮して第2の信号を取り込み、前記第1の通信部は、取り込まれた前記第2の信号を外部に送信するものが好

ましい。

[0060] 本発明によれば、計測部によって対象信号は観測行列を介して圧縮され、第1の信号として取り込まれ、第1の通信部によって外部に送信される。また、計測部は、対象信号に対して第1の信号より低圧縮で圧縮して第2の信号を取り込むようになされており、切替信号出力部からの切替信号を受け付けると、第2の信号は第1の通信部によって外部に送信される。従って、計測部及び第1の通信部は、通常時の動作として、第1の信号への圧縮、圧縮信号の外部送信を行うので低消費電力での動作が可能となる。また、例えば復元用の辞書行列の更新等に関連するタイミングで、利用可能な第2の信号の取り込みを行う場合に低圧縮処理と送信処理とによって消費電力が一時的に増大するものの、それ以外の通常時では低消費電力で動作可能であるので、全体として低消費電力で動作させながら、例えば検出信号の復元精度の維持等が図れる。なお、第1の信号より低圧縮には、非圧縮を含む。

[0061] また、前記計測部は、前記切替信号を受け付けると、前記第1の信号に代えて前記第2の信号を取り込むものが好ましい。この構成によれば、第2の信号が取り込まれるときは、第1の信号の取り込み及び送信は行われないので、その分、低消費電力での動作となる。

[0062] また、前記計測部は、前記対象信号に前処理を行うアナログ回路を備え、前記アナログ回路は、前記第1の信号を取り込むときは、第1の電力が供給されて動作し、前記第2の信号を取り込むときは、前記第1の電力より大きい第2の電力が供給されて動作するものが好ましい。この構成によれば、第2の信号を取り込むときは、第2の電力を要し、その間、高消費電力となるものの、第2の信号は低雑音かつ高精度の信号で取り込まれることになり、外部側で、例えば辞書行列の更新等に適用する場合には好適となる。

[0063] また、前記計測部は、前記対象信号に前処理を行うアナログ回路を備え、前記アナログ回路は、前記第1の信号を取り込むときは、第1の通過域に設定され、前記第2の信号の取り込むときは、前記第1の通過域より広い第2の通過域に設定されるものが好ましい。この構成によれば、第2の信号を取

り込むときは、より広い第2の通過域が設定されるので、その間、高消費電力となるものの、第2の信号は第2の通過域内の周波数成分を含む信号として検出されることになり、例えば辞書行列を高い相関性で更新等する適用例には好適となる。

[0064] また、前記第1の通信部は、外部から受信した前記切替指示を前記切替信号出力部に出力し、前記切替信号出力部は、前記切替指示を受け付けると、所定時間だけ前記切替信号を出力するものが好ましい。この構成によれば、外部から第1の通信部を介して切替指示が可能となる。

[0065] また、所定の条件で切替指示を前記切替信号出力部に出力する設定部を備え、前記切替信号出力部は、前記切替指示を受け付けると、所定時間だけ前記切替信号を出力するものが好ましい。この構成によれば、設定部によって、例えば適宜のタイミングでの切替指示の設定が可能となる。

[0066] また、本発明に係る信号復元装置は、前記信号送信装置の第1の通信部からの信号を受信する第2の通信部と、辞書行列を記録する辞書メモリと、前記第2の通信部で受信された信号のうち、前記第1の信号から、前記観測行列と前記辞書行列とを用いて推測信号を求め、求めた推測信号と前記辞書行列との積を求めて復元信号を導出する復元アルゴリズム部と、前記第2の通信部で受信された信号のうち、前記第2の信号から、新たな辞書行列を生成して前記辞書メモリに記憶する辞書生成部とを備えたものが好ましい。

[0067] 本発明によれば、復元アルゴリズム部によって、第1の信号から観測行列と辞書行列とを用いて推測信号が求められ、求められた推測信号と前記辞書行列との積が求められて復元信号が導出される。一方、辞書生成部によって、第2の信号から新たな辞書行列が生成されて辞書メモリに記憶される。このように、辞書行列が第2の信号から生成、更新されることによって、復元信号に対する高い復元精度が維持される。

[0068] また、本発明は、切替指示を出力するモード切替処理部を備え、前記第2の通信部は、前記切替指示を外部に送信することを特徴とするものが好ましい。この構成によれば、切替指示は第2の通信部を介して外部に、例えば信

号送信装置に送信され、第1、第2の信号の取り込み処理に適用される。

[0069] また、前記モード切替処理部は、復元信号の復元精度が低下した場合に前記切替指示を出力するものが好ましい。この構成によれば、対象信号の経時的な変動等は復元精度の低下につながることから、適宜のタイミングで切替指示が出力されて辞書行列が更新され、それによって相関性が改善されて復元精度が維持される。

[0070] また、前記モード切替処理部は、前回の辞書生成から所定の時間が経過した場合に前記切替指示を出力するものが好ましい。この構成によれば、定期的乃至所定の期間毎に切替指示が出力されて辞書行列が更新され、それによって相関性が改善されて復元精度が維持される。

[0071] また、前記モード切替処理部は、外部からの操作を受け付けて切替指示を出力するものが好ましい。この構成によれば、外部から、例えばマニュアル操作による任意のタイミングで切替指示が出力されて辞書行列が更新され、それによって相関性が改善されて復元精度が維持される。

[0072] また、本発明に係る信号伝送システムは、通信部で結ばれた前記信号送信装置及び前記信号復元処理装置を備えたものが好ましく、この構成により、低消費電力化が可能で、かつ高い復元精度が維持可能となる。

符号の説明

[0073] 1, 1 A, 1 B, 1 C 圧縮センシングシステム
1 0 センシングユニット（センシング装置）
1 1 センサ
1 2, 1 2 0, 1 2 A, 1 2 B, 1 2 C 計測部
1 1 2, 1 2 1 第1の回路
1 1 2', 1 2 2 第2の回路
1 3, 1 3', 1 3 1, 1 3 2 アナログ回路
1 4, 1 4', 1 4 1, 1 4 2 圧縮部
1 5 通信部（第1の通信部）
2 1 通信部（第2の通信部）

1 6 切替信号出力部

2 0 復元処理ユニット（復元処理装置）

2 2 復元アルゴリズム部

2 3 辞書メモリ

2 4 制御部

2 4 1 辞書生成部

2 4 2 モード切替処理部

SW 2 1, SW 1 1, SW 1 2 スイッチ

請求の範囲

- [請求項1] 対象信号を観測行列に基づき圧縮して第1の信号を取り込む計測部と、
前記計測部に取り込まれた前記第1の信号を外部に送信する第1の通信部と、
切替信号を出力する切替信号出力部とを備え、
前記計測部は、前記切替信号を受け付けると、前記対象信号を前記第1の信号より低圧縮で圧縮して第2の信号を取り込み、
前記第1の通信部は、取り込まれた前記第2の信号を外部に送信する信号送信装置。
- [請求項2] 前記計測部は、前記切替信号を受け付けると、前記第1の信号に代えて前記第2の信号を取り込むものである請求項1に記載の信号送信装置。
- [請求項3] 前記計測部は、前記対象信号に前処理を行うアナログ回路を備え、
前記アナログ回路は、前記第1の信号を取り込むときは、第1の電力が供給されて動作し、前記第2の信号を取り込むときは、前記第1の電力より大きい第2の電力が供給されて動作するものである請求項1に記載の信号送信装置。
- [請求項4] 前記計測部は、前記対象信号に前処理を行うアナログ回路を備え、
前記アナログ回路は、前記第1の信号を取り込むときは、第1の通過域に設定され、前記第2の信号の取り込むときは、前記第1の通過域より広い第2の通過域に設定される請求項1に記載の信号送信装置。
- [請求項5] 前記第1の通信部は、外部から受信した前記切替指示を前記切替信号出力部に出力し、
前記切替信号出力部は、前記切替指示を受け付けると、所定時間だけ前記切替信号を出力する請求項1に記載の信号送信装置。
- [請求項6] 所定の条件で切替指示を前記切替信号出力部に出力する設定部を備

え、

前記切替信号出力部は、前記切替指示を受け付けると、所定時間だけ前記切替信号を出力する請求項 1 に記載の信号送信装置。

[請求項7] 請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の信号送信装置の前記第 1 の通信部からの信号を受信する第 2 の通信部と、

辞書行列を記録する辞書メモリと、

前記第 2 の通信部で受信された信号のうち、前記第 1 の信号から、前記観測行列と前記辞書行列とを用いて推測信号を求め、求めた推測信号と前記辞書行列との積を求めて復元信号を導出する復元アルゴリズム部と、

前記第 2 の通信部で受信された信号のうち、前記第 2 の信号から、新たな辞書行列を生成して前記辞書メモリに記憶する辞書生成部とを備える信号復元処理装置。

[請求項8] 切替指示を出力するモード切替処理部を備え、

前記第 2 の通信部は、前記切替指示を外部に送信することを特徴とする請求項 7 に記載の信号復元処理装置。

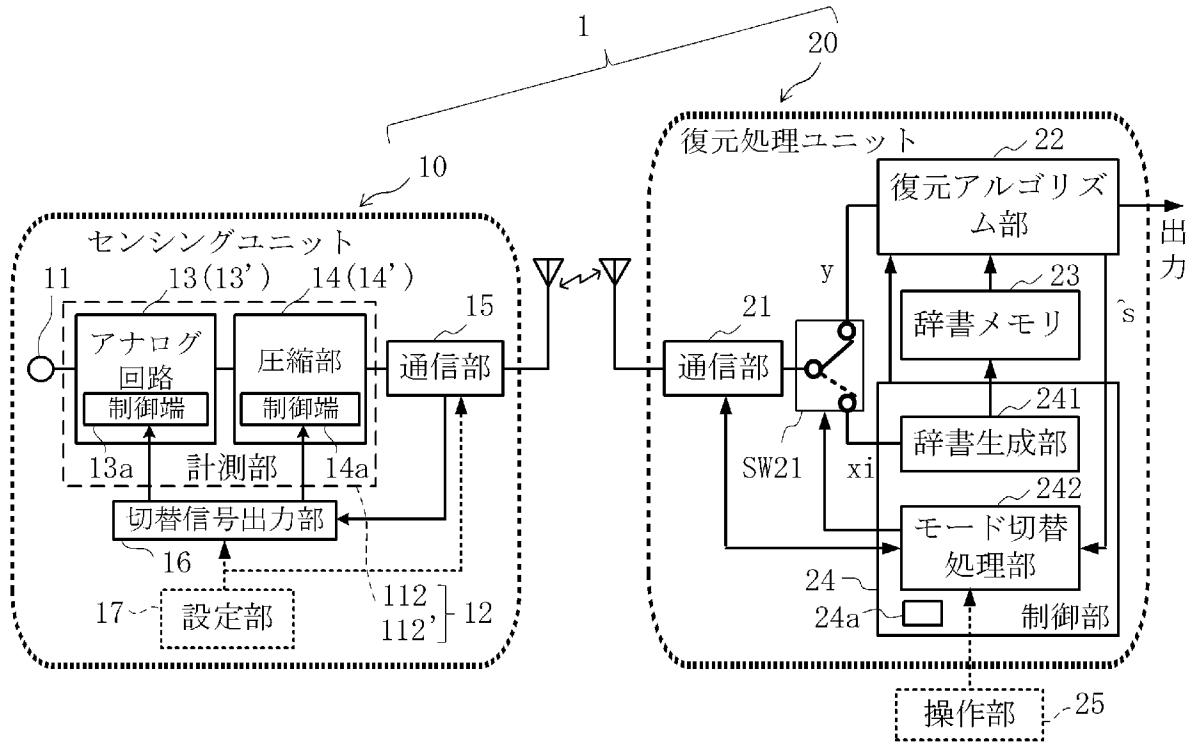
[請求項9] 前記モード切替処理部は、復元信号の復元精度が低下した場合に前記切替指示を出力する請求項 8 に記載の信号復元処理装置。

[請求項10] 前記モード切替処理部は、前回の辞書生成から所定の時間が経過した場合に前記切替指示を出力する請求項 8 に記載の信号復元処理装置。

[請求項11] 前記モード切替処理部は、外部からの操作を受け付けて切替指示を出力する請求項 8 に記載の信号復元処理装置。

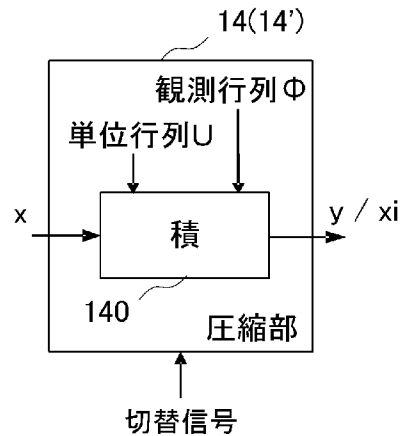
[請求項12] 請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の信号送信装置、及び請求項 7 に記載の信号復元処理装置を備えた信号伝送システム。

[図1]

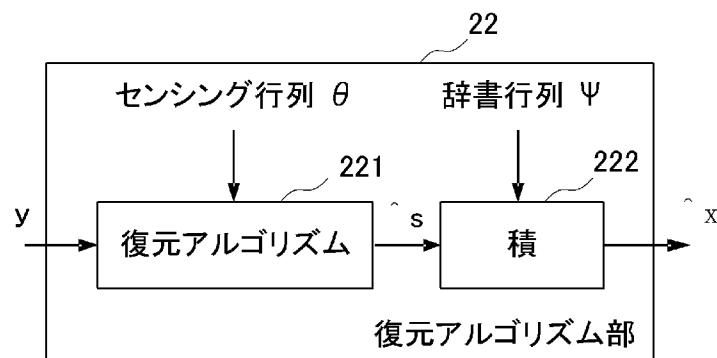


[図2]

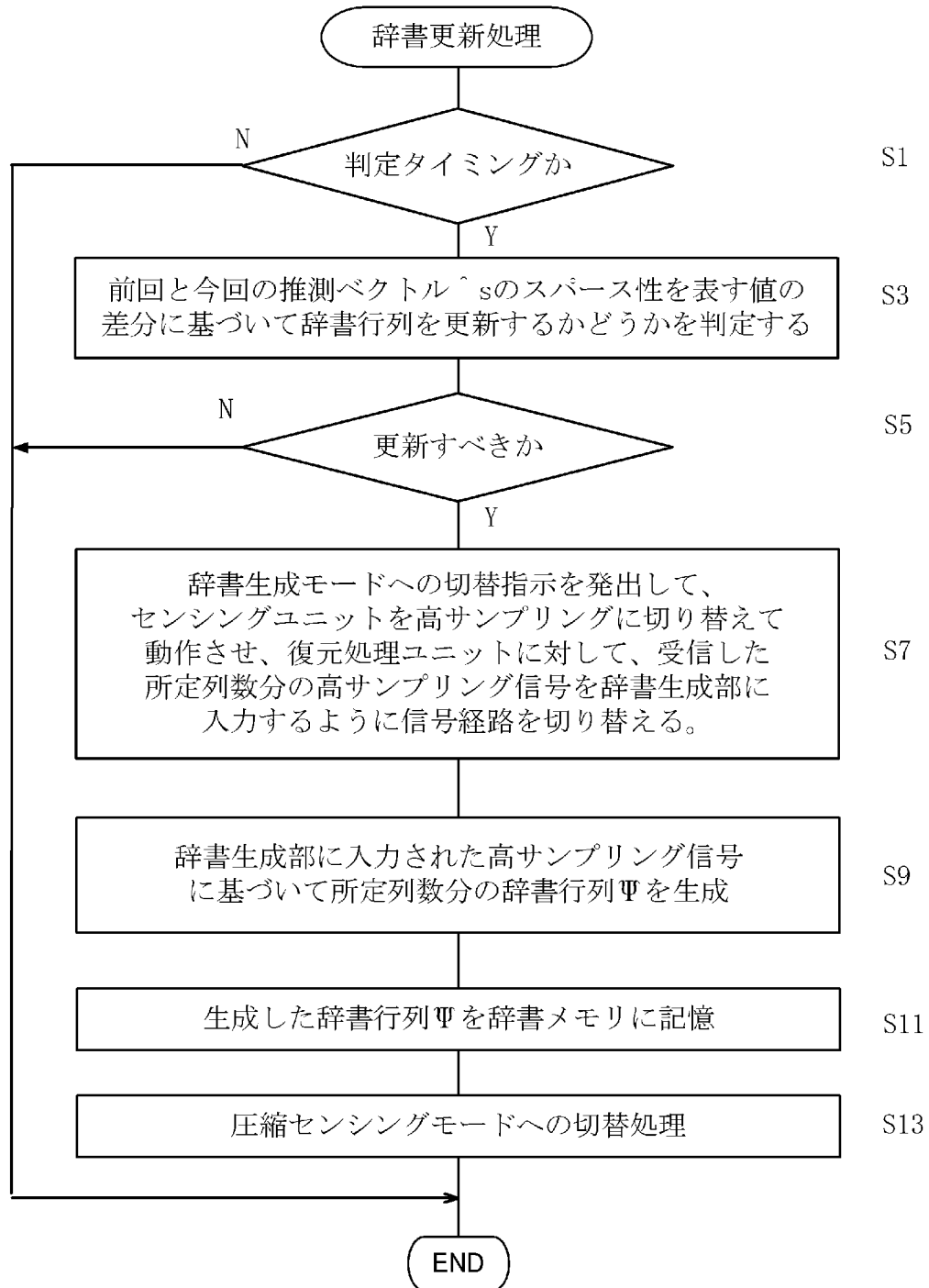
(A)



(B)

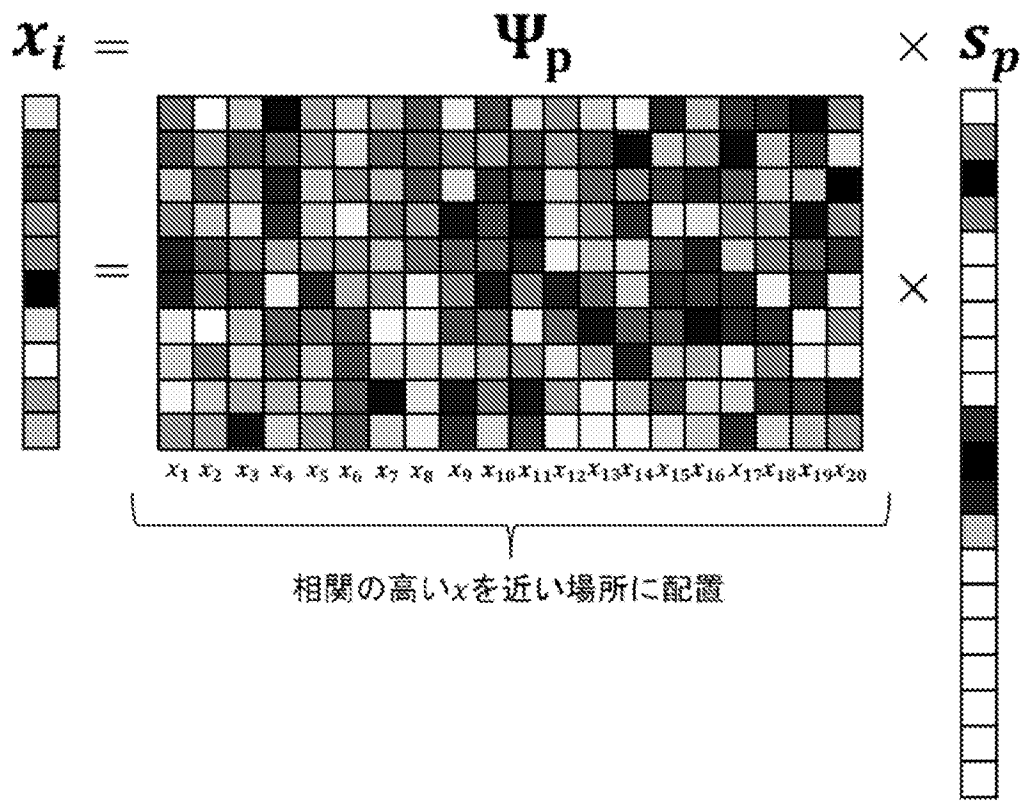


[図3]

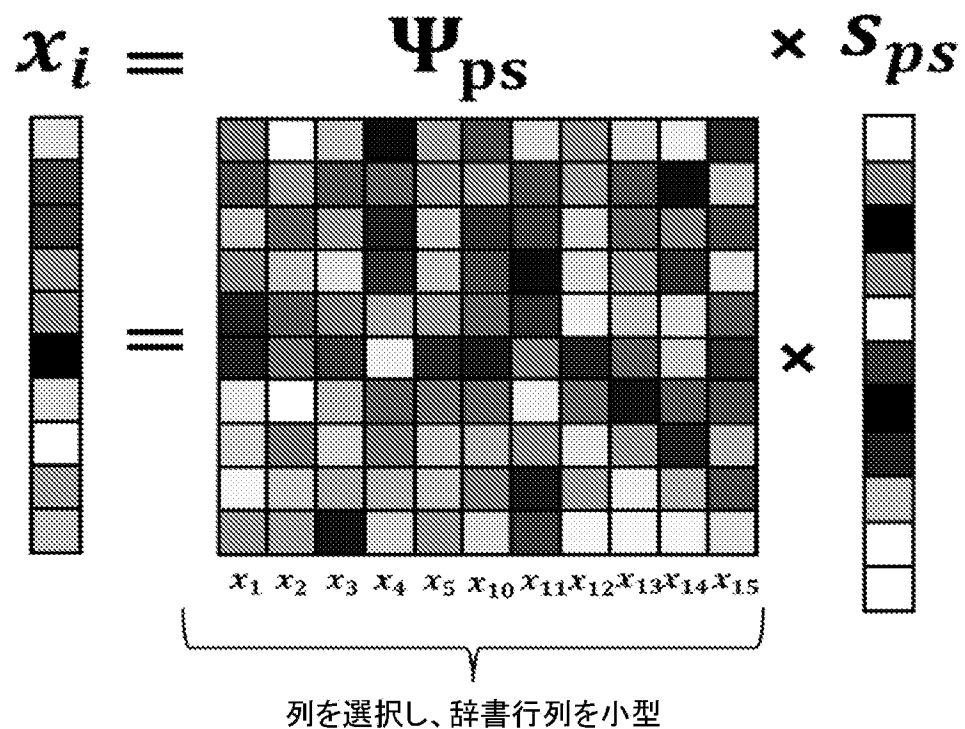


[図4]

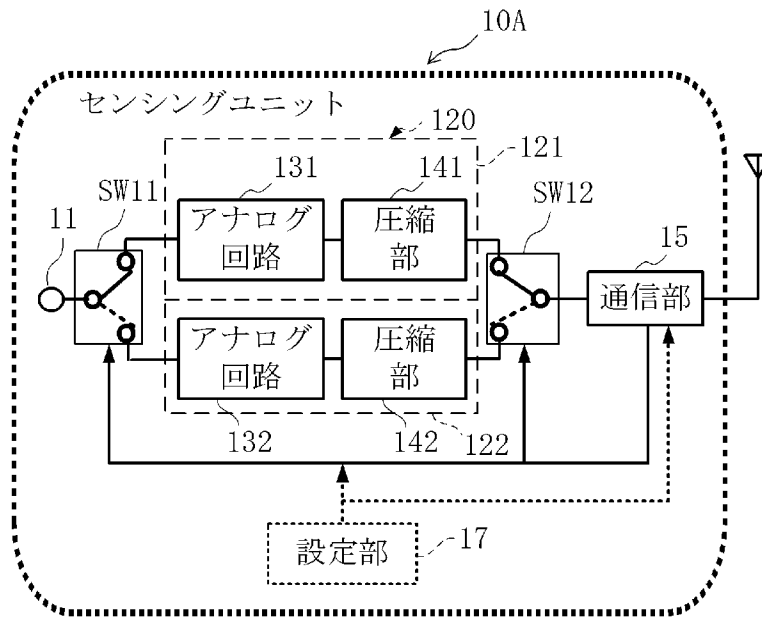
(A)



(B)



[図5]



[図6]

(A)

$$\mathbf{X} = \mathbf{\Psi} \times \mathbf{S}$$

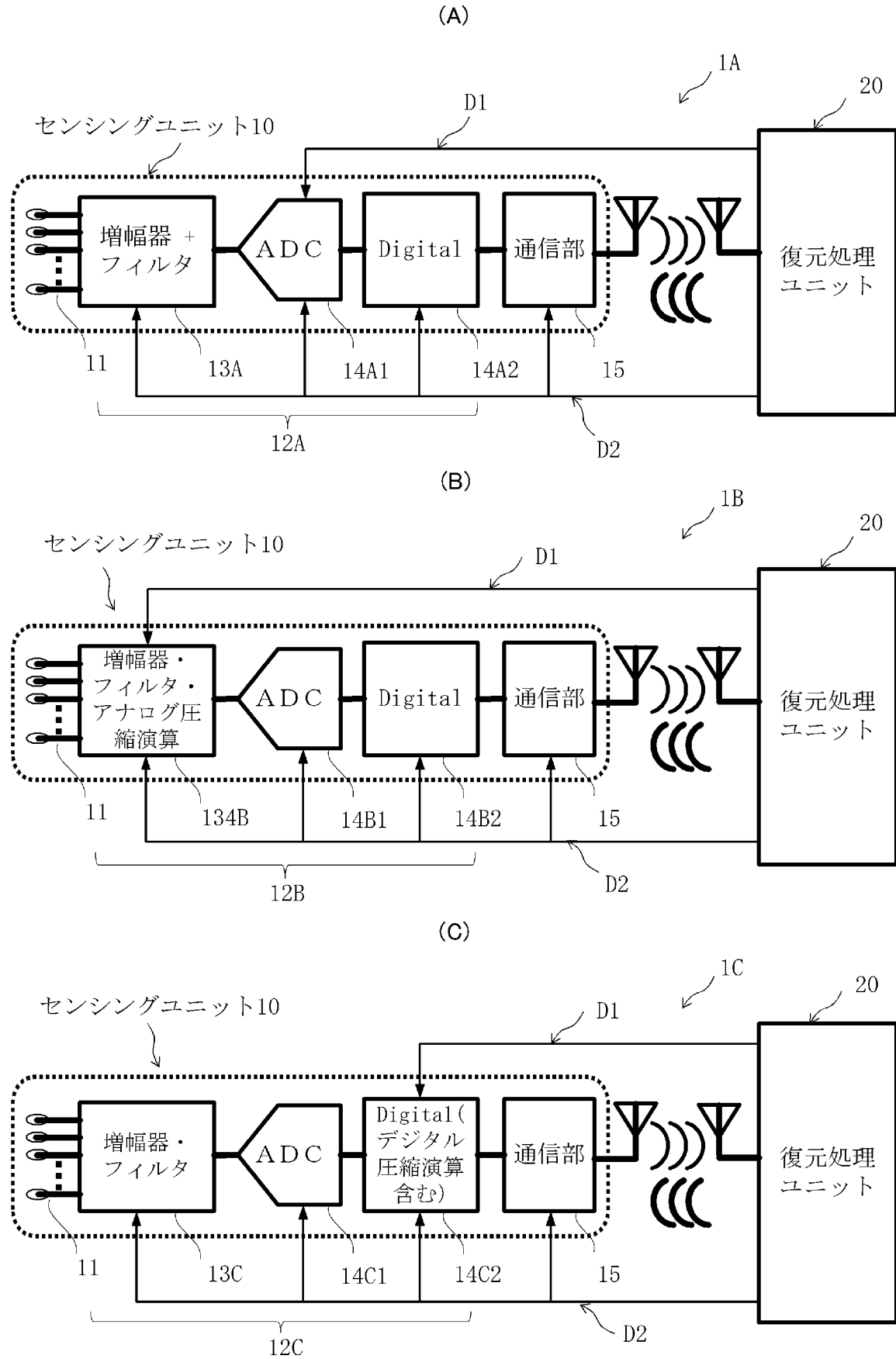
(B)

$$\mathbf{y} = \mathbf{\Phi} \times \mathbf{\Psi} \times \mathbf{S}$$

(C)

$$\mathbf{y} = \mathbf{\Theta} \times \mathbf{S}$$

[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/039793

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H03M 7/30**(2006.01)i

FI: H03M7/30 Z

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03M7/30

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024

Registered utility model specifications of Japan 1996-2024

Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

IEEE Xplore

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2020-65225 A (HITACHI, LTD.) 23 April 2020 (2020-04-23) paragraphs [0027]-[0045], fig. 3-7	1-12
Y	WO 2015/105010 A1 (THE UNIVERSITY OF TOKYO) 16 July 2015 (2015-07-16) paragraphs [0034]-[0036], [0074]-[0086], fig. 25-27	1-12
Y	JP 2021-115429 A (OSAKA UNIVERSITY) 10 August 2021 (2021-08-10) paragraphs [0025]-[0027], fig. 1, 3	7-12
A		1-6
A	JP 2004-154176 A (OLYMPUS CORPORATION) 03 June 2004 (2004-06-03) paragraphs [0008]-[0010], [0081]-[0083], fig. 1, 20, 25	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

05 January 2024

Date of mailing of the international search report

23 January 2024

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/039793

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CILIA, Martina et al. Intelligent IoT Sensing System Based on Compressive Sensing with Adaptively Learned Dictionary [online]. 2019 IEEE 38th International Performance Computing and Communications Conference (IPCCC). 31 October 2019, pp. 1-8, [retrieved on: 04 January 2024], Internet: <URL:https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8958723> entire text, all drawings	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/039793

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2020-65225	A	23 April 2020	WO 2020/080143 A1	
WO	2015/105010	A1	16 July 2015	US 2016/0112227 A1 paragraphs [0050]-[0052], [0090]-[0102], fig. 25-27	
				EP 3093997 A1	
				CN 105359419 A	
JP	2021-115429	A	10 August 2021	(Family: none)	
JP	2004-154176	A	03 June 2004	US 2007/0161858 A1 paragraphs [0036]-[0039], [0162]-[0164], fig. 1, 20, 25	
				US 2011/0184237 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H03M 7/30(2006.01)i
FI: H03M7/30 Z

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

H03M7/30

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2024年
日本国実用新案登録公報 1996-2024年
日本国登録実用新案公報 1994-2024年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

IEEE Xplore

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2020-65225 A（株式会社日立製作所）23.04.2020（2020 - 04 - 23） 段落[0027]-[0045]，図3-7	1-12
Y	WO 2015/105010 A1（国立大学法人東京大学）16.07.2015（2015 - 07 - 16） 段落[0034]-[0036]，[0074]-[0086]，図25-27	1-12
Y	JP 2021-115429 A（国立大学法人大阪大学）10.08.2021（2021 - 08 - 10） 段落[0025]-[0027]，図1，3	7-12
A		1-6
A	JP 2004-154176 A（オリンパス株式会社）03.06.2004（2004 - 06 - 03） 段落[0008]-[0010]，[0081]-[0083]，図1，20，25	1-12
A	CILIA, Martina et al., Intelligent IoT Sensing System Based on Compressive Sensing with Adaptively Learned Dictionary[Online], 2019 IEEE 38th International Performance Computing and Communications Conference (IPCCC), 2019.10.31, pp. 1-8, [検索日：2024.01.04]，インターネット：<URL：https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8958723> 全文，全図	1-12

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“I” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
05.01.2024

国際調査報告の発送日
23.01.2024

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

阿部 弘 5K 9382

電話番号 03-3581-1101 内線 3556

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/039793

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2020-65225	A	23.04.2020	WO	2020/080143	A1	
WO	2015/105010	A1	16.07.2015	US	2016/0112227	A1	
				段落[0050]-[0052],			
				[0090]-[0102], 図25-27			
				EP	3093997	A1	
				CN	105359419	A	
JP	2021-115429	A	10.08.2021	(ファミリーなし)			
JP	2004-154176	A	03.06.2004	US	2007/0161858	A1	
				段落[0036]-[0039],			
				[0162]-[0164], 図1, 20,			
				25			
				US	2011/0184237	A1	