

(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2月8日(08.02.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/029031 A1

(51) 国際特許分類:
H04B 10/60 (2013.01) H04B 10/2507 (2013.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/029930

(22) 国際出願日: 2022年8月4日(04.08.2022)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 芝原光樹 (SHIBAHARA Koki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 星めぐみ (HOSHI Megumi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP).

み (HOSHI Megumi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 宮本裕 (MIYAMOTO Yutaka); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP).

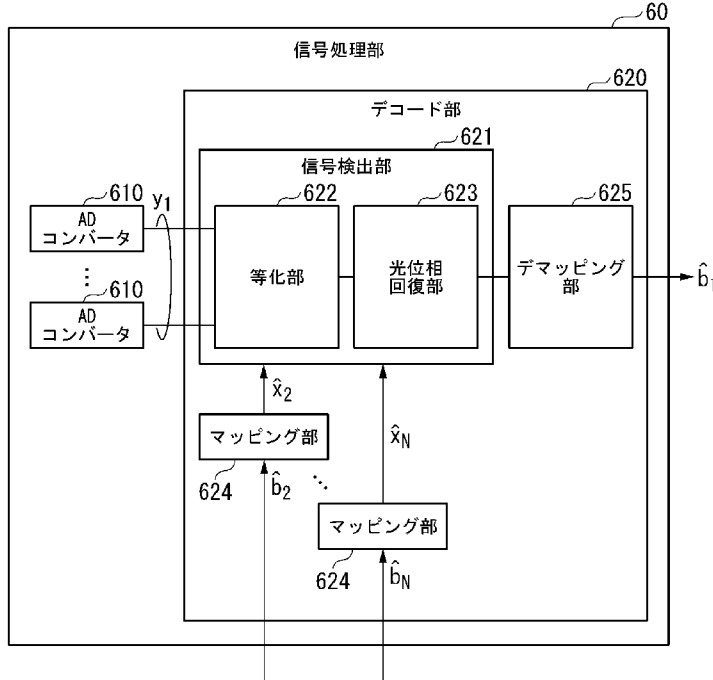
(74) 代理人: 弁理士法人志賀国際特許事務所 (SHIGA INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).

(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,

(54) Title: SIGNAL PROCESSING DEVICE, SIGNAL PROCESSING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 信号処理装置、信号処理方法及びプログラム

[図3]



60 Signal processing unit
610 AD converter
620 Decoding unit
621 Signal detection unit
622 Equalization unit
623 Optical phase recovery unit
624 Mapping unit
625 Demapping unit

(57) Abstract: Provided is a signal processing device comprising a control unit that refers to, among digital electric signals obtained by converting optical signals that have been transmitted by first to N-th transmitters (N is an integer greater than or equal to 2), which convert electrical signals representing a bit sequence into optical signals representing the bit sequence and transmit the obtained optical signals, and have propagated through a multi-core fiber, an n-th main digital signal (n is an integer greater than or equal to 1 and smaller than or equal to N) transmitted by the n-th transmitter and also refers to

[続葉有]

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, ME, MG, MK, MN, 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.

- (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, 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, 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))

a symbol sequence represented by the result of decoding the optical signals transmitted by at least part of the first to N-th transmitters excluding the n-th transmitter, so as to remove crosstalk of the n-th main digital signal.

(57) 要約: ビット列を表す電気信号を、ビット列を表す光信号に変換し、変換により得られた光信号を送信する第1送信機～第N送信機 (Nは2以上の整数) の送信した光信号であってマルチコアファイバを伝搬した光信号、がデジタルの電気信号に変換された信号、のうち、第n送信機 (nは1以上N以下の整数) の送信した信号である第n主デジタル信号と、前記第1送信機～第N送信機のうちの前記第n送信機を除く少なくとも一部が送信した光信号の復号の結果が表すシンボル列とに基づき、前記第n主デジタル信号のクロストークを除去する制御部、を備える信号処理装置。

明 細 書

発明の名称： 信号処理装置、信号処理方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、信号処理装置、信号処理方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 近年の5G(5th Generation)サービスの開始、高精細動画サービス配信、IoT(Internet of Things)サービスの発展などに伴って、光ネットワークを流れる通信トラヒックは年々増加の一途をたどっている。増加する通信トラヒック需要に対する光ネットワークにおける対策として、例えば光ネットワークの端局に設置される光通信システム装置の高機能化や、光増幅器又は光スイッチの導入、を伝送路としての光ファイバの構造を変えずに行うこと、が行われてきた。

[0003] 現在の大容量光ネットワークの基盤となっている光ファイバとしては、LAN(Local Area Network)などの短距離向けの局所的なネットワークを除くと、シングルモードファイバ(SMF: Single Mode Fiber)が用いられている。シングルモードファイバは、クラッド内に光信号の通路となる単一のコアを有しており、大容量長距離光ネットワークで用いられるC帯やL帯などの波長帯では単一のモード伝搬のみを許容するよう設計された光ファイバである。これにより、毎秒数テラビットに達する情報を長距離にわたり安定的に転送する大容量長距離光ネットワークが実現されている。

[0004] このような光ネットワークにおいては、デジタル信号処理技術と、コヒーレント送受信技術とを用いるデジタルコヒーレント伝送技術が、毎秒100ギガビット級の光伝送装置に商用導入されている。デジタルコヒーレント伝送技術は、コヒーレント受信方式と、超高速デジタル信号処理とを組み合わせた技術である。コヒーレント受信方式は、受信側における光と局部発振光との干渉光を検波する受信方式である。超高速デジタル信号処理は、信号をデジタル化した後に、信号光を生成する送信側光源及び局部発振光を生成す

る受信側光源における周波数や位相揺らぎに起因する位相成分の雑音を取り除く処理である。

[0005] デジタルコヒーレント伝送技術により、複雑な位相同期回路等を用いることなく、小型、安価、かつ低消費電力な特性を持つ光送受信モジュール及びそれを用いた光トランシーバが実現されている。デジタルコヒーレント伝送技術の登場により、大容量光ネットワークを構成する光伝送時における受信感度の改善のみならず、光搬送波の振幅や位相や偏波に情報を載せることで情報伝送効率を飛躍的に向上させることが可能になっている。

[0006] ところが近年、このような情報伝送効率の向上に伴い、伝送容量はSMFの供することのできる伝送容量の理論限界に近づきつつある。そこで、伝送媒体を空間多重光ファイバと呼ばれる新しい構造形態を有する光ファイバへ刷新し、光ファイバ中の各空間自由度における伝搬光にそれぞれ異なる独立した情報を載せる空間分割多重伝送技術に注目が集まっている。

[0007] 空間多重光ファイバの形態例としては、例えばクラッド内に複数コアを配置するマルチコア光ファイバ（MCF：Multi Core Fiber）がある。MCFの各コアが並列した独立伝送路であれば、光ファイバあたりの伝送容量が大きく向上することが期待される。

先行技術文献

非特許文献

[0008] 非特許文献1：S. Luis, B. J. Puttnam, G. Rademacher, Y. Awaji and N. Wada, "On the Use of High-Order MIMO for Long-Distance Homogeneous Single-Mode Multicore Fiber Transmission," 2017 European Conference on Optical Communication (ECOC), paper Th2.F2, 2017.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、このような、MCFを用いた光伝送システムでは、既存伝送媒体であるSMFでは見られなかった性能制限要因が顕在化する。例えば

、M C F の各コアに光信号を入力した場合、曲げや振動などの必ずしも意図しない光ファイバケーブル敷設環境条件などにより、近接したコア間での位相整合が発生し、異コア間を伝搬する光信号が互いに干渉する事象が発生することがある。すなわち、M C F を用いた光伝送システムでは、コア間のクロストークが発生することがある。この現象はコア間クロストーク (I X T : Inter-core crosstalk) と呼ばれる。

[0010] I X T については、数十 G B a u d 程度の変調速度で変調された光信号間では統計的に白色雑音として振る舞うことと、伝送距離に伴い累積特性を有する。そのため I X T は、光増幅過程で発生する自然放出光由来の雑音などとともに、光伝送システムにおいて光信号の信号対雑音比を劣化させる性能制限要因である。したがって、I X T は空間多重伝送路が提供しうる伝送容量を制限する。

[0011] I X T は、無線システムで広く用いられている M I M O (Multiple-input multiple-output) 技術を適用することで部分的に補償可能であることが報告されている (非特許文献 1 参照)。

[0012] しかしながら、提案では、異コア用光送受信機間の光位相が同期されているという条件が仮定されている。また提案では、受信側信号を処理する信号処理装置間で異コアを伝搬した光信号の受信信号をトランスファーするインタフェースの構成、が暗黙のうちに仮定されている。したがって、毎秒 1 0 0 ギガビット級を超える光信号のスループット要求特性を鑑みる際、提案の技術は、実現が容易ではない。

[0013] 上記事情に鑑み、本発明は、光伝送システムにおける伝送容量を向上させる技術を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明の一態様は、ビット列を表す電気信号を、ビット列を表す光信号に変換し、変換により得られた光信号を送信する第 1 送信機～第 N 送信機 (N は 2 以上の整数) の送信した光信号であってマルチコアファイバを伝搬した光信号、がデジタルの電気信号に変換された信号、のうち、第 n 送信機 (n

は1以上N以下の整数)の送信した信号である第n主デジタル信号と、前記第1送信機～第N送信機のうちの前記第n送信機を除く少なくとも一部が送信した光信号の復号の結果が表すシンボル列とに基づき、前記第n主デジタル信号のクロストークを除去する制御部、を備える信号処理装置である。

[0015] 本発明の一態様は、ビット列を表す電気信号を、ビット列を表す光信号に変換し、変換により得られた光信号を送信する第1送信機～第N送信機(Nは2以上の整数)の送信した光信号であってマルチコアファイバを伝搬した光信号、がデジタルの電気信号に変換された信号、のうち、第n送信機(nは1以上N以下の整数)の送信した信号である第n主デジタル信号と、前記第1送信機～第N送信機のうちの前記第n送信機を除く少なくとも一部が送信した光信号の復号の結果が表すシンボル列とに基づき、前記第n主デジタル信号のクロストークを除去する制御ステップ、を有する信号処理方法である。

[0016] 本発明の一態様は、上記の信号処理装置としてコンピュータを機能させるためのプログラムである。

発明の効果

[0017] 本発明により、光伝送システムにおける伝送容量を向上させることが可能となる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]実施形態の光伝送システムの概要を説明する説明図。

[図2]実施形態における光送信機の構成の一例を示す図。

[図3]実施形態における信号処理部の構成の一例を説明する説明図。

[図4]実施形態における信号処理装置のハードウェア構成の一例を示す図。

[図5]実施形態における信号処理装置が実行する処理の流れの一例を示すフローチャート。

[図6]実施形態における信号処理装置を用いた実験結果の一例を示す第1の図。

[図7]実施形態における信号処理装置を用いた実験結果の一例を示す第2の図。

。

発明を実施するための形態

[0019] (実施形態)

図1は、実施形態の光伝送システム100の概要を説明する説明図である。光伝送システム100は、光送信機1-1~1-N(Nは2以上の整数)と、空間多重合波器2と、マルチコアファイバ(MCF:Multi Core Fiber)3と、空間多重分波器4と、光受信機5-1~5-Nと、信号処理装置6と、を備える。光伝送システム100は波長多重化を行うシステムであってもよいし、波長多重化は行わないシステムであってもよい。

[0020] 光送信機1-n(nは1以上N以下の整数)は、ビット列を表す電気信号を、ビット列を表す光信号に変換し、変換により得られた光信号を送信する。したがって光送信機1-n(nは1以上N以下の整数)は、ビット列を送信する。以下、光送信機1-nによる変換の対象のビット列をビット列b-nと表記する。したがって、例えば、光送信機1-1は、ビット列b-1を表す電気信号を、ビット列b-1を表す光信号に変換する。

[0021] 図2は、実施形態における光送信機1-nの構成の一例を示す図である。光送信機1-nは、バスで接続されたCPU(Central Processing Unit)等のプロセッサ91とメモリ92とを備える信号処理部10を備え、プログラムを実行する。光送信機1-nは、プログラムの実行によって信号処理部10、インタフェース部11、記憶部12、DAコンバータ14、光源15、光増幅部16及び光変調部17を備える装置として機能する。

[0022] より具体的には、プロセッサ91が記憶部12に記憶されているプログラムを読み出し、読み出したプログラムをメモリ92に記憶させる。プロセッサ91が、メモリ92に記憶させたプログラムを実行することによって、光送信機1-nは、信号処理部10、インタフェース部11、記憶部12、DAコンバータ14、光源15、光増幅部16及び光変調部17を備える装置として機能する。

[0023] 信号処理部10は、光送信機1-nの各機能部の動作を制御する。信号処

理部 10 は、ビット列を表す電気信号を D A コンバータ 14 に出力する。

[0024] インタフェース部 11 は、光送信機 1-n を外部装置に接続するためのインタフェースを含んで構成される。インタフェース部 11 は、有線又は無線を介して外部装置と通信する。外部装置は、例えばユーザ端末である。このような場合、例えば光送信機 1-n に送信させたいビット列を示す情報が、ユーザ端末からインタフェース部 11 に入力される。インタフェース部 11 に入力されたビット列を示す情報（以下「ビット列情報」という。）を、信号処理部 10 は取得する。信号処理部 10 は、取得したビット列情報、が示すビット列の電気信号を出力する。

[0025] インタフェース部 11 には、光送信機 1-1 ~ 1-N が送信する光信号の初期位相を同期させる信号が入力されてもよい。このような信号がインタフェース部 11 に入力される場合、光送信機 1-1 ~ 1-N が送信する光信号の初期位相は同期する。

[0026] インタフェース部 11 には、光送信機 1-1 ~ 1-N のクロックを同期させる信号が入力されてもよい。このような信号がインタフェース部 11 に入力される場合、光送信機 1-1 ~ 1-N のクロックは同期する。光送信機 1-1 ~ 1-N のクロックの同期は、より具体的には、光送信機 1-1 ~ 1-N が備える信号処理部 10 及び D A コンバータ 14 のクロックが同期する、ことを意味する。

[0027] 記憶部 12 は、磁気ハードディスク装置や半導体記憶装置などのコンピュータ読み出し可能な記憶媒体装置（non-transitory computer-readable recording medium）を用いて構成される。記憶部 12 は光送信機 1-n に関する各種情報を記憶する。

[0028] D A コンバータ 14 は、信号処理部 10 の出力したデジタルの電気信号を、アナログの電気信号に変換するデジタルアナログコンバータである。なお、デジタルの電気信号とは、電気信号であり、なおかつ、デジタル信号である信号の意味である。また、アナログの電気信号とは、電気信号であり、なおかつ、アナログ信号である信号の意味である。信号処理部 10 の出力した

デジタルの電気信号とは具体的には、ビット列の電気信号である。

[0029] 光源 15 は、光を放射する光源である。光源 15 は、例えば半導体レーザである。光源 15 は、光送信機間で独立制御されており、フリーラン状態で連続光を出射する。

[0030] 光増幅部 16 は、光源 15 の放射した光を増幅する。光変調部 17 は、D/A コンバータ 14 によって得られたアナログのデジタル信号に基づいて、光増幅部 16 によって増幅された光を変調し、インタフェース部 11 に入力されたビット列情報が示すビット列を表す光信号を生成する。光変調部 17 は、生成した光信号を光送信機 1-n の外部に送信する。したがって、光変調部 17 の送信した光信号が光送信機 1-1 ~ 1-N から出射される。

[0031] 図 1 の説明に戻る。光送信機 1-1 ~ 1-N から出射された光信号は、空間多重合波器 2 に入射する。

[0032] 空間多重合波器 2 は、光送信機 1-1 ~ 1-N それぞれが出射した光信号を受信する。空間多重合波器 2 が受信した光信号は、マルチコアファイバ 3 に入射する。すなわち、空間多重合波器 2 は、光信号の空間多重化を行う。

[0033] マルチコアファイバ 3 は、入射してきた光信号が伝搬するマルチコアファイバである。マルチコアファイバ 3 を伝搬した光信号は、空間多重分波器 4 に入射する。マルチコアファイバ 3 は、例えば、N 個の空間チャネルが伝搬可能な空間多重ファイバである。マルチコアファイバ 3 は、例えば、許容される空間チャネル数が M ($M < N$ 、M は整数) の空間多重ファイバであってもよい。

[0034] 空間多重分波器 4 は、マルチコアファイバ 3 から出射してきた光信号を受信する。空間多重分波器 4 が受信した光信号は、光受信機 5-1 ~ 5-N に入射する。したがって、空間多重分波器 4 は、空間多重化されていた光信号を分割する。

[0035] 光受信機 5-1 ~ 5-N それぞれは、マルチコアファイバ 3 を通過した光信号を受信する。より具体的には、光受信機 5-n は、光送信機 1-n が送信した信号を受信する。

- [0036] ところで、マルチコアファイバ3を伝搬中の光信号間には、マルチコアファイバ3の伝搬中に位相整合条件を満たすことにより空間チャネル間において干渉（結合）が生じる。例えば、光送信機1-nから出射された送信信号x-nは、他の光送信機1-p（pは1以上N以下の整数であって、nとは異なる整数）から出射された光信号x-pのクロストークを受ける。そのため、光受信機5-nが受信する光信号は、光送信機1-n以外の他の光送信機1-pが送信した信号のクロストークを受けた光信号である。
- [0037] このように、光伝送システム100では、光送信機1-nが送信した光信号であってクロストークの影響を受けた光信号が光受信機5-nによって受信される。
- [0038] 光受信機5-1～5-Nそれぞれは、受信した光信号を、アナログの電気信号に変換し、信号処理装置6に出力する。
- [0039] したがって、光伝送システム100では、光送信機1-nが送信した光信号であってクロストークの影響を受けた光信号が光受信機5-nによってアナログの電気信号に変換される。そして光伝送システム100では、光受信機5-nによる変換によって得られたその電気信号が信号処理装置6まで伝搬する。
- [0040] 信号処理装置6は、バスで接続されたCPU等のプロセッサとメモリとを備える制御部と記憶部とを備え、プログラムを実行する。信号処理装置6は、光受信機5-1～5-Nが出力した各電気信号を取得する。
- [0041] 信号処理装置6は、信号処理部60-1～60-Nを備える。以下、信号処理部60-1～60-Nをそれぞれ区別しない場合、信号処理部60という。
- [0042] 図3は、実施形態における信号処理部60の構成の一例を説明する説明図である。信号処理部60は、AD（アナログデジタル）コンバータ610を備える。ADコンバータ610は、信号処理装置6に伝搬してきたアナログの電気信号を取得し、デジタル信号に変換する。すなわち、信号処理装置6は、ADコンバータ610を備え、自装置まで伝搬してきたアナログの電気

信号をデジタル信号に変換する。図3の例においては、1つの空間チャンネルにおいて、 X_I 、 X_Q 、 Y_I 、 Y_Q の4つのADコンバータが用いられている。したがって図3の例においてADコンバータ610は、 $4N$ 個である。

[0043] 信号処理部60は、デコード部620を備える。デコード部620は、信号処理装置6の備える制御部が備える。デコード部620は、推定信号生成処理を実行する。推定信号生成処理は、第 n 主デジタル信号に基づいて光送信機 $1-n$ の送信したビット列を推定し、推定したビット列を表す電気信号を生成する処理である。すなわち、推定信号生成処理は、第 n 主デジタル信号に基づき、光送信機 $1-n$ の送信したビット列の推定結果を表す電気信号を生成する処理である。したがって、推定信号生成処理は、光送信機 $1-n$ が送信した光信号を復号し、その光信号が表すビット列を推定する処理である。

[0044] 第 n 主デジタル信号は、光受信機 $5-n$ による変換によって得られたアナログの電気信号がADコンバータ610によってデジタル信号に変換された結果の信号である。したがって、例えば第1主デジタル信号は、光受信機 $5-1$ による変換によって得られたアナログの電気信号がADコンバータ610によってデジタル信号に変換された結果の信号である。そのため第 n デジタル信号は、電気のデジタル信号である。

[0045] 以下、光送信機 $1-n$ の送信したビット列の推定結果を表す電気信号を、第 n 推定信号という。したがって、例えば第1推定信号は、光送信機 $1-1$ の送信したビット列の推定結果を表す電気信号である。第 n 推定信号は、ビット列の推定結果を表す電気信号であるので、ビット列を表す電気信号である。第 n 推定信号という言葉を用いて推定信号生成処理を説明すれば、推定信号生成処理は、第 n 主デジタル信号に基づいて第 n 推定信号を生成する処理である。

[0046] 図3のハット (^) がアクセント記号としてついた b_1 、 b_2 、 b_N が表す信号はそれぞれ、第1推定信号、第2推定信号、第 N 推定信号の一例である。

[0047] 推定信号生成処理は、第 n 主デジタル信号に基づいて第 n 推定信号を生成

する処理であるので、第 n 推定信号は、光送信機 $1 - n$ が送信したビット列の復号の結果である。

[0048] デコード部620は、信号検出部621、マッピング部624及びデマッピング部625を備える。信号検出部621は、等化部622及び光位相回復部623を備える。

[0049] 等化部622は、等化処理を実行する。等化処理は、光送信機 $1 - n$ が送信した光信号と光送信機 $1 - 1 \sim 1 - N$ のうちの光送信機 $1 - n$ を除く少なくとも一部が送信した光信号との間の干渉の強さを、光送信機 $1 - n$ が送信した光信号と補助シンボル列とに基づいて推定する処理である。補助シンボル列は、光送信機 $1 - 1 \sim 1 - N$ のうちの光送信機 $1 - n$ を除く少なくとも一部が送信した光信号の復号の結果が表すシンボル列である。したがって、補助シンボル列は、例えば他の信号処理部60が推定信号生成処理によって生成したビット列であってもよい。

[0050] 光送信機 $1 - n$ が送信した光信号と他の光送信機 $1 - p$ が送信した光信号との間の干渉によって波形歪み又は偏波回転が生じるので、光送信機 $1 - n$ が送信した光信号と他の光送信機 $1 - p$ が送信した光信号との間の干渉の大きさとは、波形歪み又は偏波回転の大きさである。等化処理は、例えば以下の参考文献1に記載の処理である。

[0051] 参考文献1 : K. Shibahara et al., "Iterative Unreplicated Parallel Interference Canceler for MDL-Tolerant Dense SDM (12-Core $\times$ 3-Mode) Transmission Over 3000 km," in Journal of Lightwave Technology, vol. 37, no. 6, pp. 1560-1569, 2019.

[0052] 光位相回復部623は、光位相回復処理を実行する。光位相回復処理は、処理対象である第 n 主デジタル信号に含まれる位相雑音を、光送信機 $1 - n$ が送信した光信号と光送信機 $1 - 1 \sim 1 - N$ のうちの光送信機 $1 - n$ を除く少なくとも一部が送信した光信号の復号の結果が表すシンボル列とに基づき、推定する処理である。光位相回復処理の処理対象の信号は、具体的には、第 n 主デジタル信号である。光位相回復処理は、例えば以下の参考文献2に

記載の処理である。

[0053] 参考文献2 : Kohki Shibahara, Takayuki Mizuno, and Yutaka Miyamoto, "MIMO carrier phase recovery for carrier-asynchronous SDM-MIMO reception based on the extended Kalman filter," Opt. Express 29, pp. 17111-17124, 2021.

[0054] 等化処理の処理対象の信号が第1主デジタル信号である場合を例に、参考文献1に記載の等化処理と参考文献2に記載の光位相回復処理とを、数式を用いて説明する。第1主デジタル信号は、光送信機1-1~1-Nの送信する光信号の初期位相が同期している場合には、例えば以下の式(1)で表される y_1 である。

[0055] [数1]

$$y_1 = h_{11}x_1e^{j(\phi_1^t+\phi_1^r)} + \sum_{i=2}^{N_t} h_{1i}x_ie^{j(\phi_i^t+\phi_i^r)} + n_1 \quad \cdots (1)$$

[0056] h_{ij} は、光送信機1-iから光受信機5-jへのパスに対応するチャネル行列成分を表す。ただし、i及びjは1以上N以下の整数である。ただし、指数関数の肩にあるjは、虚数単位を意味する。 ϕ_i^t は光送信機1-iが備える光源の位相雑音を表す。 ϕ_i^r は、光受信機5-iの備える光源の位相雑音を表す。 n_i は受信信号iに重畳する雑音を表す。 ϕ_i^t と ϕ_i^r との和が、第n主デジタル信号に含まれる位相雑音の一例である。

[0057] 式(1)中の右辺第2項は、光送信機1-1が送信した光信号に重畳したクロストークを表す。信号処理部60-p (p≠1)からの出力信号である第p推定信号に基づき、等化処理及び光位相回復処理によって、クロストークを除去するための情報が得られる。より具体的には、等化処理では h_{ij} が推定され、光位相回復処理では、肩が式(1)の第2項における $j(\phi_i^t+\phi_i^r)$ である指数関数の値が推定される。 h_{ij} が光送信機1-iが送信した光信号と他の光送信機1-jが送信した光信号との間の干渉の大きさを表す量である。

[0058] 等化処理及び光位相回復処理によって推定された h_{ij} と、肩が式(1)の第2項における $j(\phi_i^t + \phi_i^r)$ である指数関数の値とを用いれば、クロストークの除去が可能である。

[0059] そこで信号検出部621は、 h_{ij} と、肩が式(1)の第2項における $j(\phi_i^t + \phi_i^r)$ である指数関数の値と、を用いて処理対象である第 n 主デジタル信号からクロストークの除去を行う。以下、処理対象を第 n 主デジタル信号とする処理であって、等化処理及び光位相回復処理の結果に基づいて処理対象のクロストークを除去する処理を除去処理という。

[0060] このように、信号検出部621は、等化処理、光位相回復処理及び除去処理、を実行する。除去処理の結果、クロストークが除去された第 n 主デジタル信号が得られる。

[0061] 光位相回復処理は、例えば以下の参考文献3に記載の処理であってもよい。

[0062] 参考文献3 : T. Pfau, S. Hoffmann, and R. Noe, "Hardware-Efficient Coherent Digital Receiver Concept With Feedforward Carrier Recovery for M-QAM Constellations," Journal of Lightwave Technology vol. 27, no. 8, pp. 989-999, 2009.

[0063] 等化処理の処理対象の信号が第1主デジタル信号である場合を例に、参考文献1に記載の等化処理と参考文献3に記載の光位相回復処理とを、数式を用いて説明する。第1主デジタル信号は、光送信機1-1~1-Nの送信する光信号の初期位相が同期していない場合には、例えば以下の式(2)で表される y_1 である。

[0064] [数2]

$$y_1 = h_{11}x_1e^{j(\phi_1^t + \phi_1^r)} + \sum_{i=2}^{N_t} h_{1i}x_i e^{j\phi_1} + n_1 \quad \dots (2)$$

[0065] ここで ϕ_1 は以下の式(3)で定義される量である。 ϕ_1 は、光送信機が備える光源の位相同期性により簡易な形式で与えられる。

[0066] [数3]

$$\varphi_1 \triangleq \varphi_i^t + \varphi_1^r \quad \dots (3)$$

[0067] 式(3)の右辺第2項は、光送信機1-1が送信した光信号に重畳したクロストークを表す。信号処理部60-p (p≠1)からの出力信号である第p推定信号に基づき、等化処理及び光位相回復処理によって、クロストークを除去するための情報が得られる。

[0068] より具体的には、等化処理では h_{1j} が推定され、光位相回復処理では肩が $j\phi_1$ である指数関数の値が推定される。信号検出部621は、第n主デジタル信号に対する除去処理の実行により、等価処理で推定された h_{1j} と、光位相回復処理で推定された、肩が $j\phi_1$ である指数関数の値と、を用いて、クロストークが除去された第n主デジタル信号を得る。

[0069] マッピング部624は、処理対象に対してマッピング処理を実行する。マッピング処理は、ビット列を処理対象とする処理であって、処理対象のビット列をシンボル列に変換する処理である。変換により得られたシンボル列は、補助シンボル列の一例である。等化部622に入力されるシンボル列は、マッピング部624の出力である。したがって、マッピング部624には、等化処理及び光位相回復処理に用いられるシンボル列の変換元の他のビット列が入力される。入力されたビット列がマッピング処理の処理対象である。

[0070] 図3においてハット(^)がアクセント記号としてついた x_2 、 x_N が表す信号はどちらも補助シンボル列の一例である。ハット(^)がアクセント記号としてついた x_2 は、第2推定信号を処理対象とするマッピング処理の結果として得られた補助シンボル列である。ハット(^)がアクセント記号としてついた x_N は、第N推定信号を処理対象とするマッピング処理の結果として得られた補助シンボル列である。図3の例において、マッピング部624の数は $N-1$ 個である。

[0071] デマッピング部625は、デマッピング処理を実行する。デマッピング処理は、処理対象をビット列に変換する処理である。デマッピング処理の処理対象は、除去処理によってクロストークが除去された第n主デジタル信号で

ある。デマッピング処理によって得られた信号は、第 n 主デジタル信号からクロストークが除去された信号、が表すビット列である。したがって、デマッピング処理によって得られた信号は、光送信機 $1 - n$ の送信したビット列の推定結果を表す電気信号である。

[0072] 等化処理、光位相回復処理、除去処理及びデマッピング処理によって、第 n 主デジタル信号に基づいて光送信機 $1 - n$ の送信したビット列の推定結果を表す電気信号が得られる。したがって、等化処理、光位相回復処理、除去処理及びデマッピング処理は、推定信号生成処理に含まれる処理である。

[0073] なお、マッピング処理については、マッピング処理によって得られるシンボル列が等化処理及び光位相回復処理で利用可能であれば必ずしも実行される必要はない。マッピング処理が実行される場合、マッピング処理もまた推定信号生成処理に含まれる処理である。

[0074] このように推定信号生成処理は、光送信機 $1 - n$ によって電気信号から光信号に変換されたビット列を、高速なアナログ信号や量子化されたデジタル信号ではなく、補助シンボル列を用いて推定する。すなわち、推定信号生成処理は、第 1 前提条件及び第 2 前提条件を満たす必要なく、光送信機 $1 - n$ によって電気信号から光信号に変換されたビット列を推定する。

[0075] 第 1 前提条件は、異コア用光送受信機間の光位相が同期されているという条件である。第 2 前提条件は、受信側信号を処理する信号処理装置間で異コアを伝搬した光信号の受信信号をトランスファーするインタフェースが構成されている、という条件である。

[0076] 図 4 は、実施形態における信号処理装置 6 のハードウェア構成の一例を示す図である。信号処理装置 6 は、バスで接続された CPU 等のプロセッサ 93 とメモリ 94 とを備える制御部 61 を備え、プログラムを実行する。信号処理装置 6 は、プログラムの実行によって制御部 61、接続部 62 及び記憶部 63 を備える装置として機能する。

[0077] より具体的には、プロセッサ 93 が記憶部 63 に記憶されているプログラムを読み出し、読み出したプログラムをメモリ 94 に記憶させる。プロセッ

サ 9 3 が、メモリ 9 4 に記憶させたプログラムを実行することによって、信号処理装置 6 は、制御部 6 1、接続部 6 2 及び記憶部 6 3 を備える装置として機能する。

[0078] 制御部 6 1 は、信号処理装置 6 が備える各種機能部の動作を制御する。制御部 6 1 は、デコード部 6 2 0 を備える。したがって制御部 6 1 は、例えば推定信号生成処理を実行する。すなわち制御部 6 1 は、光送信機 1 - 1 ~ 1 - N の送信した光信号であってマルチコアファイバ 3 を伝搬した光信号、がデジタルの電気信号に変換された信号、のうちの第 n 主デジタル信号と、補助シンボル列とに基づき、第 n 主デジタル信号のクロストークを除去する。

[0079] 接続部 6 2 は、A/D コンバータ 6 1 0 を備える。したがって、接続部 6 2 は、光受信機 5 - 1 ~ 5 - N に接続され、第 n 主デジタル信号を生成する。接続部 6 2 は、推定信号生成処理によって出力された信号の出力先に接続された回路である出力回路 6 3 0 を備える。そのため、接続部 6 2 は、推定信号生成処理によって出力された信号の出力先に接続される。

[0080] 記憶部 6 3 は、磁気ハードディスク装置や半導体記憶装置などのコンピュータ読み出し可能な記憶媒体装置 (non-transitory computer-readable recording medium) を用いて構成される。記憶部 6 3 は信号処理装置 6 に関する各種情報を記憶する。記憶部 6 3 は、例えば推定信号生成処理によって得られた第 n 推定信号の表すビット列を記憶する。

[0081] 図 5 は、実施形態における信号処理装置 6 が実行する処理の流れの一例を示すフローチャートである。接続部 6 2 が第 n 主デジタル信号を生成する (ステップ S 1 0 1)。次に制御部 6 1 が、推定信号生成処理を第 n 主デジタル信号に対して実行する (ステップ S 1 0 2)。次に制御部 6 1 が、ステップ S 1 0 2 における推定信号生成処理の結果を、出力する (ステップ S 1 0 3)。

[0082] <実験結果>

実施形態における信号処理装置 6 を用いた実験結果の例を説明する。実験では、信号伝送シミュレーションが行われた。実験において光伝送システム

100は、光送信機及び光受信機の数はいずれも2であった。実験では、変調速度10Gbaudの16QAM信号が生成され、受信された。光送信機の光源と光受信機の光源との線幅は、どちらも100kHzであった。

[0083] 実験において、マルチコアファイバ3を伝搬中の一方の信号と他方の信号との間のクロストークは15dBであった。実験では、光送信機1-1～1-2の送信する光信号の初期位相が同期していないという条件を満たすシミュレーションと、光送信機1-1～1-2の送信する光信号の初期位相が同期しているという条件を満たすシミュレーションとが行われた。

[0084] 図6は、実施形態における信号処理装置6を用いた実験結果の一例を示す第1の図である。より具体的には図6の結果は、光送信機1-1～1-2の送信する光信号の初期位相が同期していないという条件を満たすシミュレーションの結果の一例である。

[0085] 図6の縦軸は、一方の信号系列のビット誤り率を示す。横軸は、光信号対雑音比(OSNR: Optical Signal to Noise Ratio)を示す。“Theory”の結果は、クロストークが無いという仮定の下で得られた理論の結果を示す。”XT補償なし“の結果は、クロストーク補償なしのシミュレーションの結果を示す。”技術1“の曲線は、光位相回復処理が参考文献2の処理である場合に得られた結果を示す。”技術2“の曲線は、光位相回復処理が参考文献3の処理である場合に得られた結果を示す。

[0086] シミュレーションにおいては、クロストーク補償のための等化処理における重み係数を成分に持つ行列には、クロストーク量が既知であるとした分離行列が用いられた。

[0087] 図6の結果は、クロストーク補償を行わない場合、OSNRが増加してもクロストーク量が一定であるため、その特性はビット誤り率が一定の線に漸近することを示す。図6の結果は、”技術2“のクロストーク補償の特性については、送信側光源光位相が同期していないため等化処理がクロストーク成分を増加させ、クロストーク補償なしの曲線より特性が劣化することを示す。

[0088] 図6の結果は、“技術1”のクロストーク補償法を適用した場合の結果が、“Theory”の結果に近いことを示す。この結果は送信側光源光位相が非同期の場合においても、クロストークが補償可能であることを示している。

[0089] 図7は、実施形態における信号処理装置6を用いた実験結果の一例を示す第2の図である。図7の結果は、光送信機1-1~1-2の送信する光信号の初期位相が同期しているという条件を満たす実験結果の一例である。

[0090] “Theory”、“XT補償なし”、“技術1”及び“技術2”の定義は図6と同様である。図7は、“技術1”のクロストーク補償法を適用した場合の結果が、“Theory”の結果に近いことを示す。さらに図7は、送信側光源光位相の同期条件があるために、“技術2”のクロストーク補償法を適用した場合の結果は、“技術1”のクロストーク補償法によって得られた特性と概ね同様の特性を示す、ことを示す。

[0091] このように構成された信号処理装置6は、光送信機1-nによって電気信号から光信号に変換されたビット列を、高速なアナログ信号や量子化されたデジタル信号ではなく、補助シンボル列を用いて推定する。すなわち、信号処理装置6は、上述の第1前提条件及び第2前提条件を満たす必要なく、光送信機1-nによって電気信号から光信号に変換されたビット列を推定する。

[0092] したがって、信号処理装置6は、信号処理装置6内での電気信号の送受信に要する時間を軽減することができる。光伝送システムの伝送容量は、信号処理装置6による信号処理の性能にも影響を受けるため、信号処理装置6内での電気信号の送受信に要する時間を軽減することができる信号処理装置6は、毎秒100ギガビット級を超える光信号のスループット要求特性を満たす通信を可能にする。そのため、信号処理装置6は光伝送システムにおける伝送容量を向上させることができる。

[0093] (変形例)

なお、光送信機1-1~1-Nのクロックは同期していてもよい。

[0094] なお、信号処理装置6は、波長分散補償部、クロック再生部又は周波数オ

フセット補償部をさらに備えてもよい。光送信機 1-1 ~ 1-N が備える信号処理部 10 は、ビット列を表す電気信号に対して前方誤り訂正符号化を行ってもよい。このような場合、デマッピング部 625 は、前方誤り訂正符号化に対する復号の処理を行う。

[0095] なお信号処理部 60-1 ~ 60-N における各処理は順序を問わず逐次的に行われてもよいし、並列的に行われてもよい。並列的に処理が行われる場合、q 回目 (q は自然数) 後の信号処理部 60-n からの出力において、q が増加するに従いビットの判定誤り率は低下する。信号処理部 60-1 ~ 60-N における各処理とは、具体的には、等化処理、光位相回復処理、除去処理、マッピング処理及びデマッピング処理の各処理である。

[0096] なお光送信機 1-1 ~ 1-N が送信する光信号の初期位相の同期は、例えば単一光源から分岐された光を各光送信機へ与えることで行われる。光送信機 1-1 ~ 1-N が送信する光信号の初期位相の同期は、例えば光注入同期レーザを用いて光位相ロックすることで行われる。

[0097] なお、信号処理装置 6 は、ネットワークを介して通信可能に接続された複数台の情報処理装置を用いて実装されてもよい。この場合、信号処理装置 6 が備える各機能部は、複数の情報処理装置に分散して実装されてもよい。

[0098] なお光送信機 1-n は、第 n 送信機の一例である。したがって光送信機 1-1 は第 1 送信機の一例であり、光送信機 1-N は第 N 送信機の一例である。

[0099] なお、信号処理装置 6 の各機能の全て又は一部は、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) や PLD (Programmable Logic Device) や FPGA (Field Programmable Gate Array) 等のハードウェアを用いて実現されてもよい。プログラムは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録されてもよい。コンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、例えばフレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM 等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置である。プログラムは、電気通信回線を介して送信されてもよい。

[0100] 以上、この発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計等も含まれる。

符号の説明

[0101] 100…光伝送システム、 1-1～1-N、1-n…光送信機、 10…信号処理部、 11…インタフェース部、 12…記憶部、 14…DAコンバータ、 15…光源、 16…光増幅部、 17…光変調部、 2…空間多重合波器、 3…マルチコアファイバ、 4…空間多重分波器、 5-1～5-N…光受信機、 6…信号処理装置、 60-1～60-N…信号処理部、 610…ADコンバータ、 620…デコード部、 621…信号検出部、 622…等化部、 623…光位相回復部、 624…マッピング部、 625…デマッピング部、 61…制御部、 62…接続部、 630…出力回路、 63…記憶部、 91…プロセッサ、 92…メモリ、 93…プロセッサ、 94…メモリ

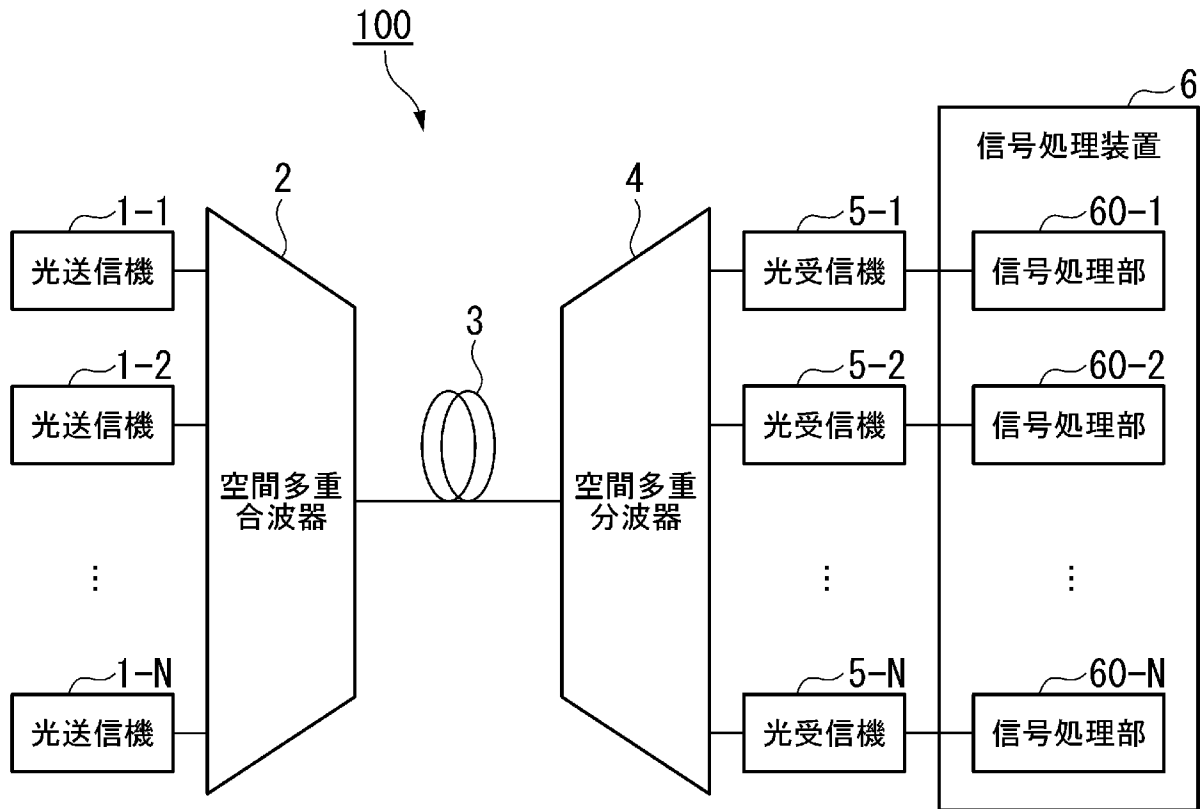
請求の範囲

- [請求項1] ビット列を表す電気信号を、ビット列を表す光信号に変換し、変換により得られた光信号を送信する第1送信機～第N送信機（Nは2以上の整数）の送信した光信号であってマルチコアファイバを伝搬した光信号、がデジタルの電気信号に変換された信号、のうち、第n送信機（nは1以上N以下の整数）の送信した信号である第n主デジタル信号と、前記第1送信機～第N送信機のうちの前記第n送信機を除く少なくとも一部が送信した光信号の復号の結果が表すシンボル列とに基づき、前記第n主デジタル信号のクロストークを除去する制御部、を備える信号処理装置。
- [請求項2] 前記制御部は、第n光送信機が送信した光信号と第p光送信機（pは1以上N以下の整数であって、nとは異なる整数）が送信した光信号との間の干渉の大きさと、前記第n主デジタル信号に含まれる位相雑音と、を第n主デジタル信号と、前記シンボル列とに基づき推定する、
請求項1に記載の信号処理装置。
- [請求項3] 前記第1送信機～第N送信機の出力する光信号の初期位相は同期している、
請求項1に記載の信号処理装置。
- [請求項4] ビット列を表す電気信号を、ビット列を表す光信号に変換し、変換により得られた光信号を送信する第1送信機～第N送信機（Nは2以上の整数）の送信した光信号であってマルチコアファイバを伝搬した光信号、がデジタルの電気信号に変換された信号、のうち、第n送信機（nは1以上N以下の整数）の送信した信号である第n主デジタル信号と、前記第1送信機～第N送信機のうちの前記第n送信機を除く少なくとも一部が送信した光信号の復号の結果が表すシンボル列とに基づき、前記第n主デジタル信号のクロストークを除去する制御ステップ、

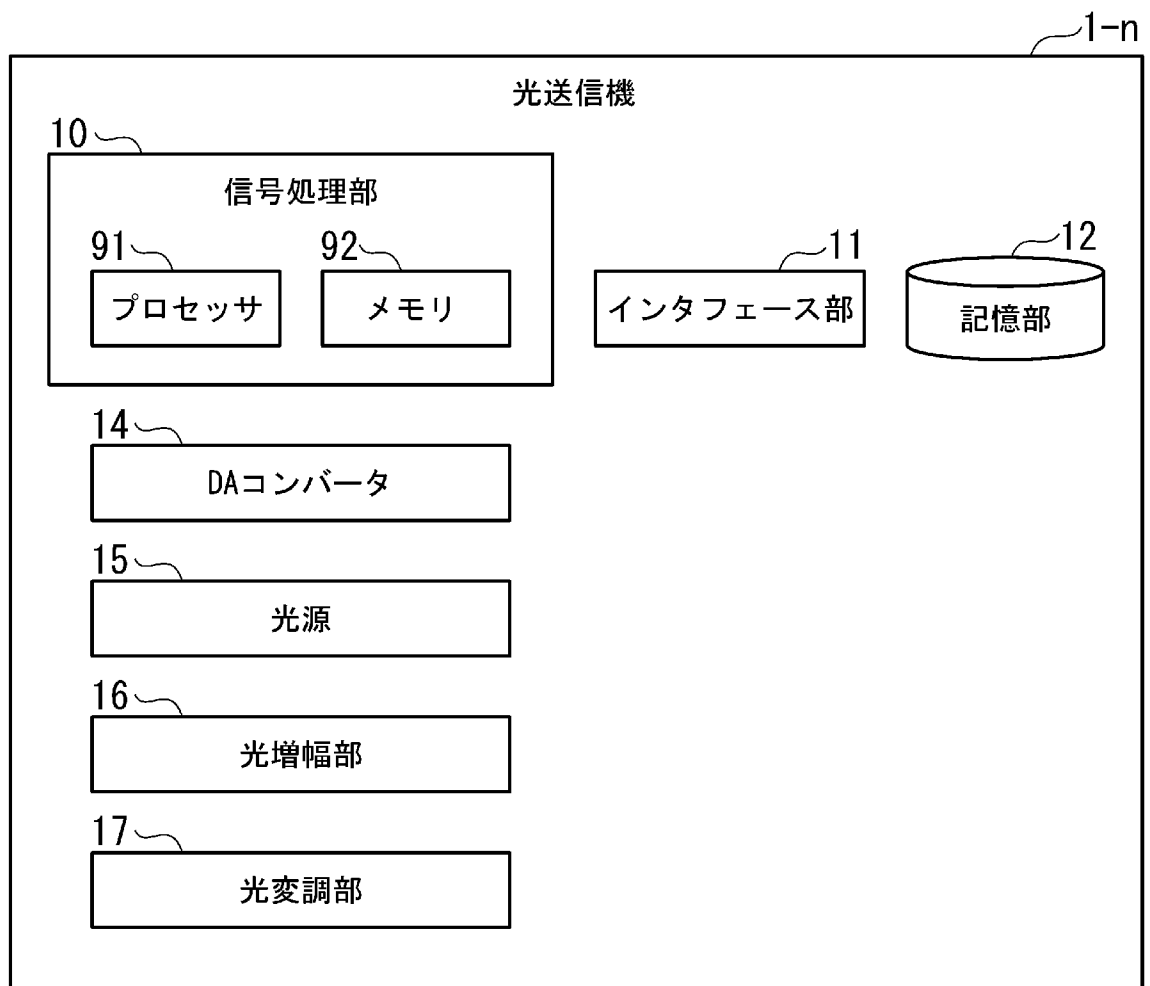
を有する信号処理方法。

[請求項5] 請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の信号処理装置としてコンピュータを機能させるためのプログラム。

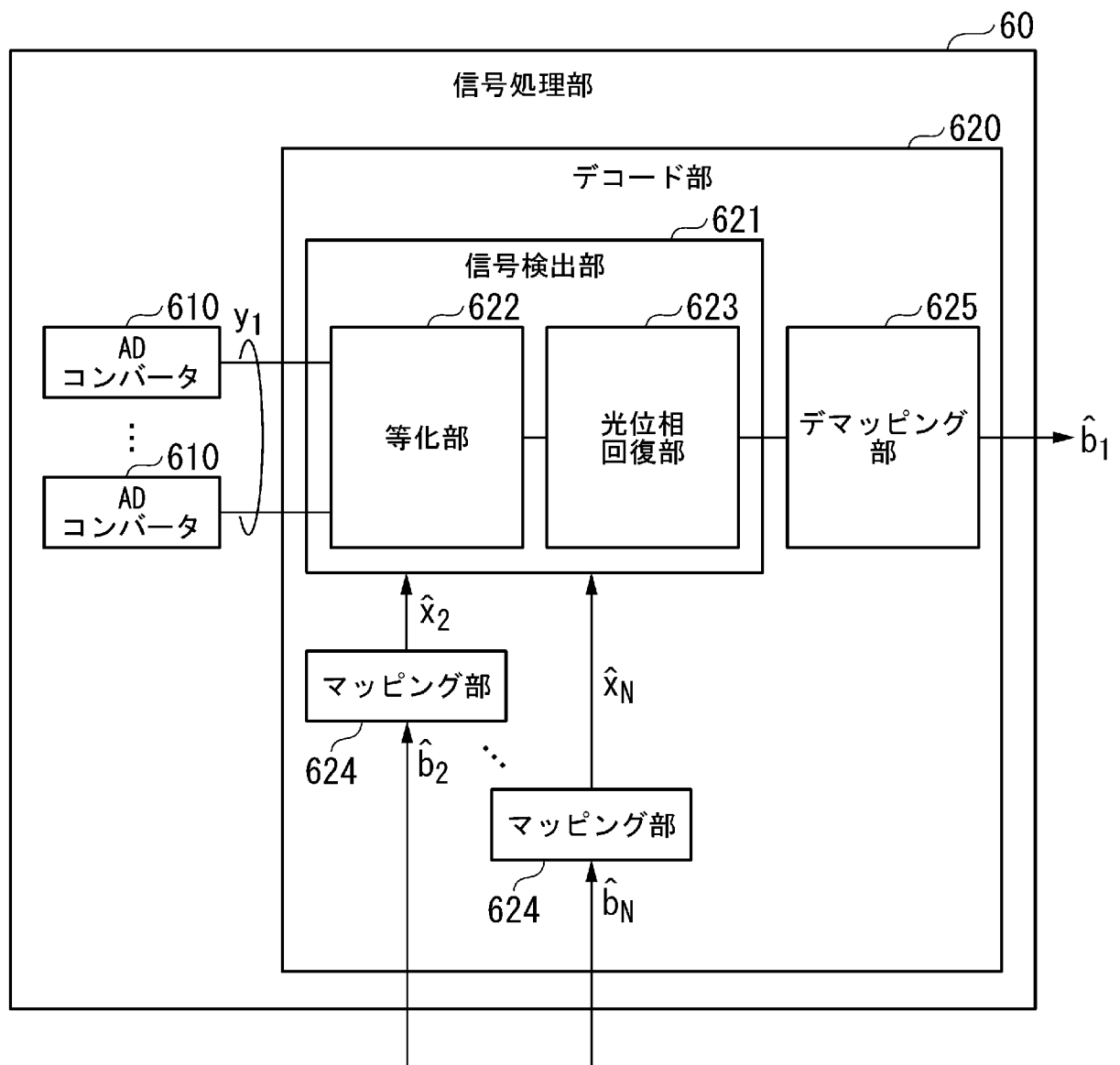
[図1]



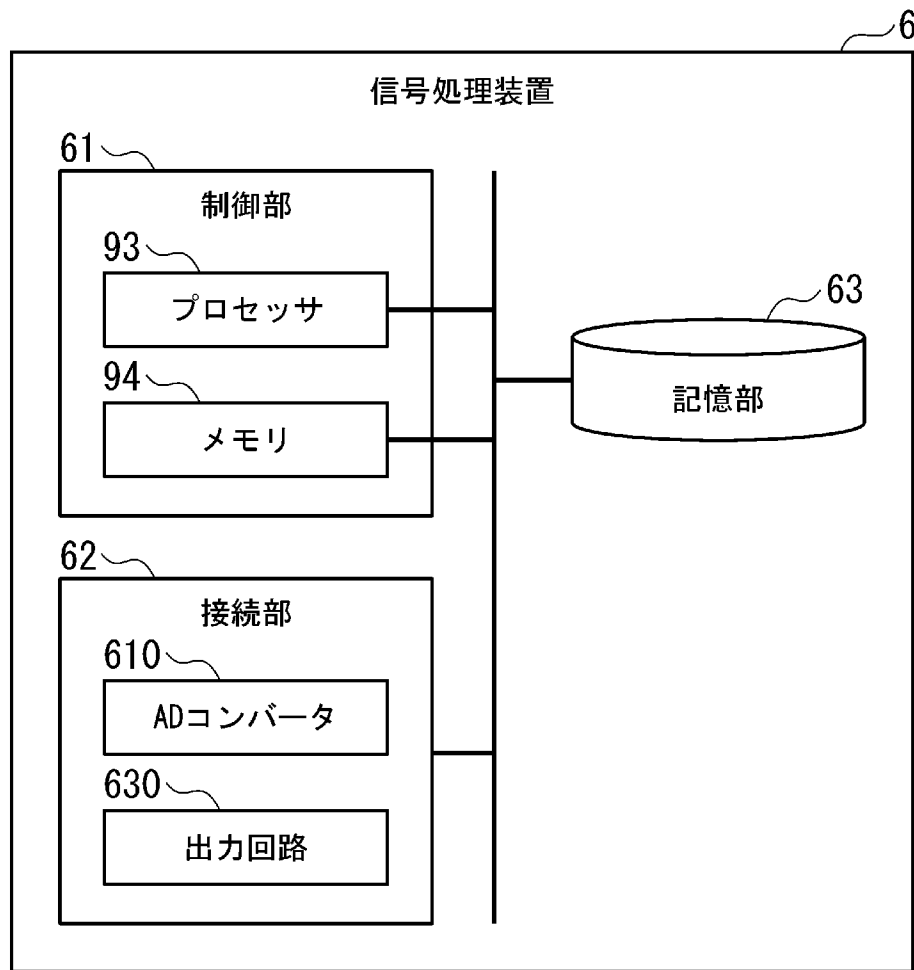
[図2]



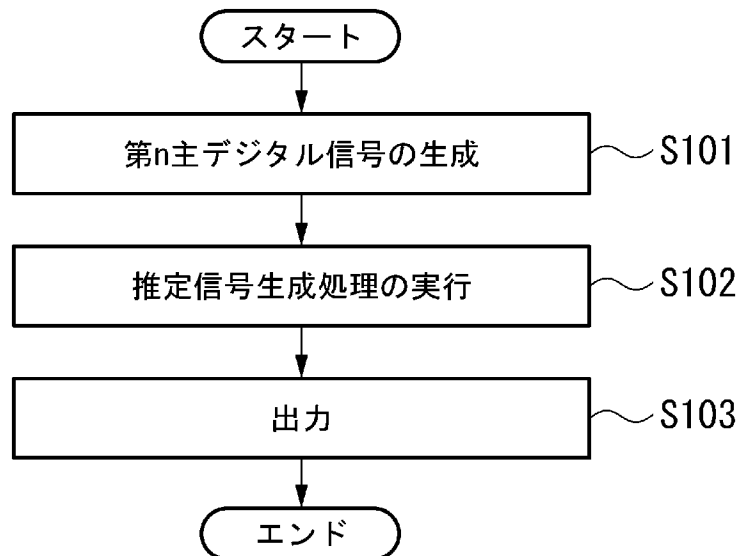
[図3]



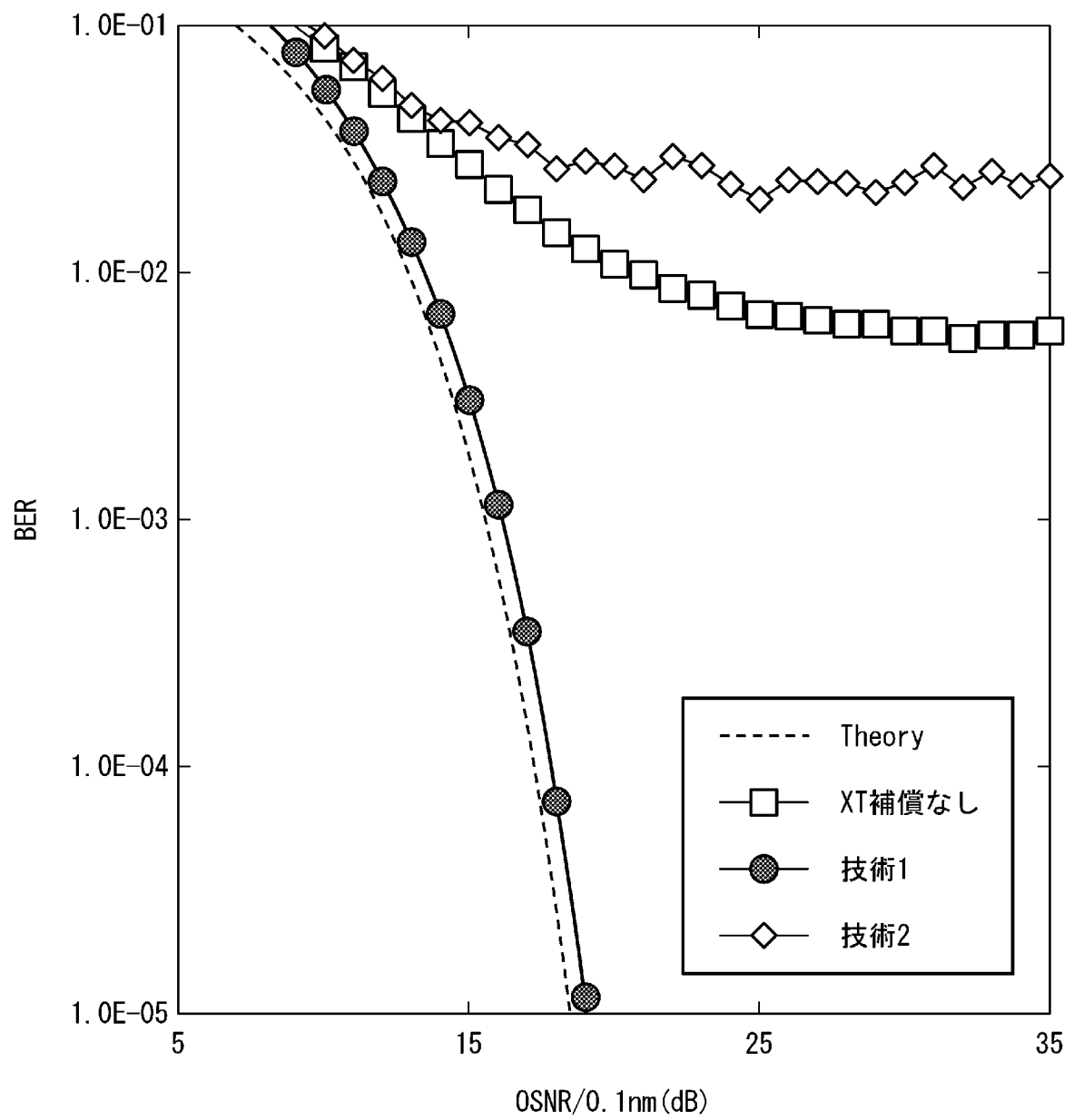
[図4]



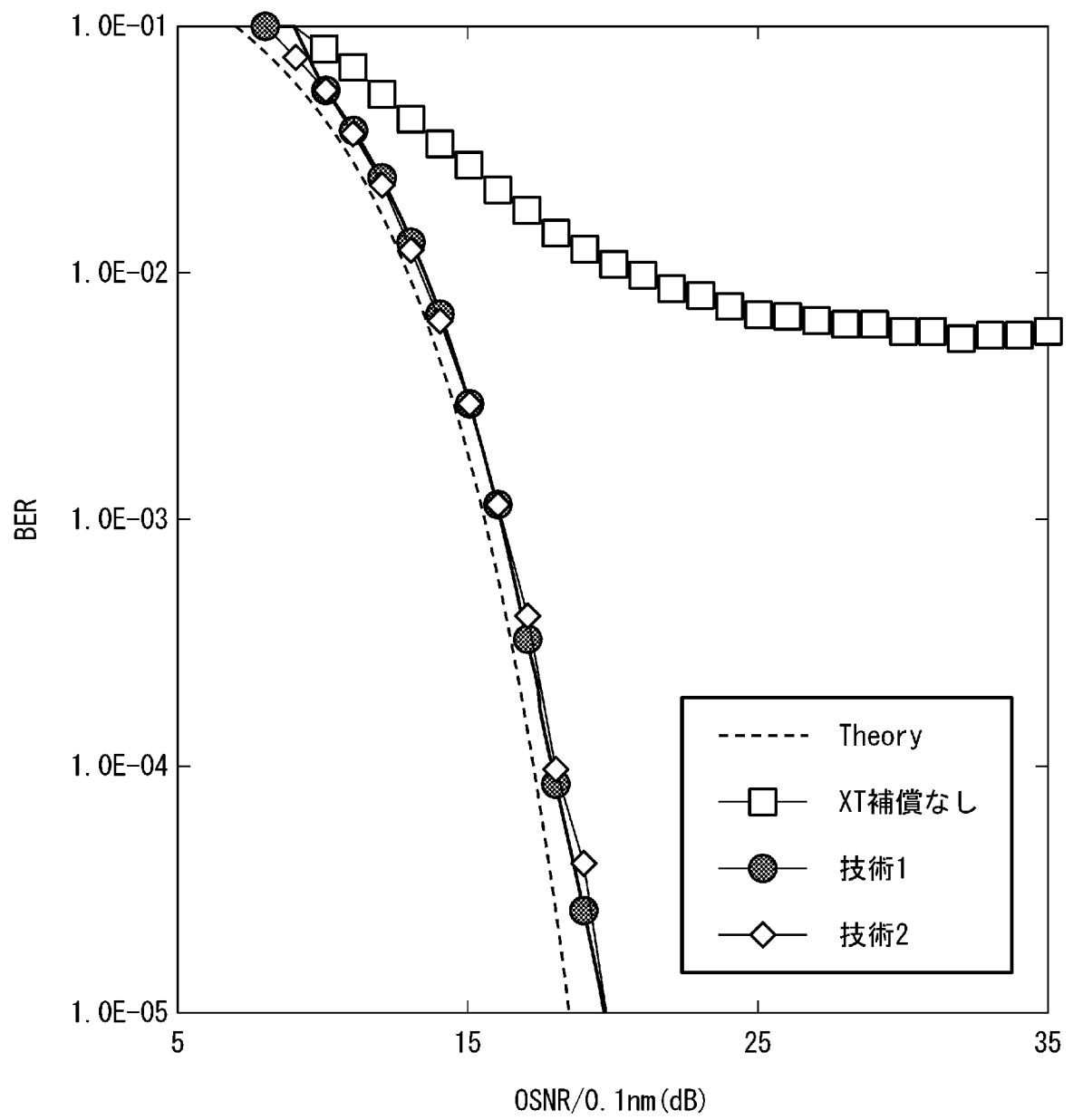
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/029930

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H04B 10/60**(2013.01)i; **H04B 10/2507**(2013.01)i

FI: H04B10/60; H04B10/2507

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)

H04B10/60; H04B10/2507

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 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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.
A	WO 2015/052895 A1 (NEC CORP.) 16 April 2015 (2015-04-16)	1-5
A	HUANG, Hanzi et al. MIMO Processing With Linear Beam Interference Cancellation for Space Division Multiplexing Self-Homodyne Coherent Transmission. Journal of Lightwave Technology [online]. 11 March 2022, vol. 40, no. 13, [retrieved on 18 October 2022], Retrieved from the Internet: <URL: https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9733213 >, <DOI:10.1109/JLT.2022.3158689> pp. 4136-4149	1-5
A	HUANG, Hanzi et al. Digital Interference Mitigation in Space Division Multiplexing Self-Homodyne Coherent Detection. 2021 European Conference on Optical Communication [online], 2021, [retrieved on 18 October 2022], Retrieved from the Internet: <URL: https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9605808 >, <DOI:10.1109/ECOC52684.2021.9605808> entire text, all drawings	1-5



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
 “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

19 October 2022

Date of mailing of the international search report

01 November 2022

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
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/029930

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2015/052895 A1	16 April 2015	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04B 10/60(2013.01)i; H04B 10/2507(2013.01)i FI: H04B10/60; H04B10/2507										
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）） H04B10/60; H04B10/2507 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2022年</td> </tr> </table> 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			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年									
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								
A	WO 2015/052895 A1（日本電気株式会社）16.04.2015（2015 - 04 - 16）	1-5								
A	HUANG, Hanzi et al., MIMO Processing With Linear Beat Interference Cancellation for Space Division Multiplexing Self-Homodyne Coherent Transmission, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY [online], 2022.03.11, VOL. 40, NO. 13, [retrieved on 2022.10.18], Retrieved from the Internet : <URL: https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9733213>, <DOI: 10.1109/JLT.2022.3158689> pp. 4136 - 4149	1-5								
A	HUANG, Hanzi et al., Digital Interference Mitigation in Space Division Multiplexing Self-Homodyne Coherent Detection, 2021 European Conference on Optical Communication [online], 2021, [retrieved on 2022.10.18], Retrieved from the Internet : <URL: https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9605808>, <DOI: 10.1109/ECOC52684.2021.9605808> 全文, 全図	1-5								
☐ 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、一般的な技術水準を示すもの “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 “L” 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 19.10.2022		国際調査報告の発送日 01.11.2022								
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） 後澤 瑞征 5K 4540 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/JP2022/029930

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
W0	2015/052895	A1	16.04.2015	(ファミリーなし)	