

(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
2022年1月27日(27.01.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/018847 A1

(51) 国際特許分類:
H04L 27/00 (2006.01)

都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/028410

(74) 代理人: 高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

(22) 国際出願日: 2020年7月22日(22.07.2020)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

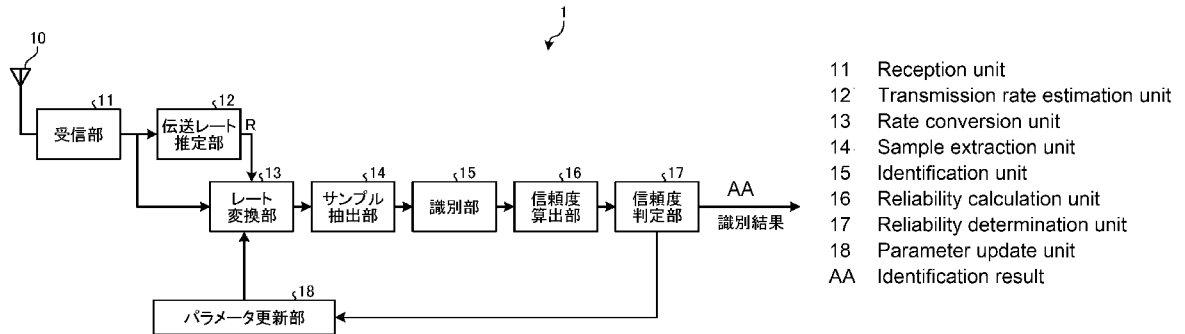
(71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

(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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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,

(72) 発明者: 山下 靖貴(YAMASHITA, Yasutaka); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
内田 繁(UCHIDA, Shigeru); 〒1008310 東京

(54) Title: SIGNAL SPECIFICATION IDENTIFYING DEVICE, CONTROL CIRCUIT, AND PROGRAM STORAGE MEDIUM

(54) 発明の名称: 信号諸元識別装置、制御回路およびプログラム記憶媒体



(57) Abstract: A signal specification identifying device (1) comprises: a transmission rate estimation unit (12) that estimates the transmission rate of a received signal; a rate conversion unit (13) that subjects the received signal to a sampling frequency conversion; an identification unit (15) that calculates the probability corresponding to each of a plurality of candidates for the specification of the received signal by using the signal as subjected to the sampling frequency conversion; a reliability calculation unit (16) that uses the probability of each candidate to select a candidate and that calculates a reliability corresponding to the selected candidate that is the candidate as selected; a reliability determination unit (17) that determines, on the basis of the reliability, which is to be carried out, outputting the selected candidate as identification result or re-implementing the sampling frequency conversion; and a parameter update unit (18) that, in a case of the re-implementation of the sampling frequency conversion having been determined, changes parameters indicating ratios of the sampling frequency conversion. The signal specification identifying device (1) repeats the process until the reliability determination unit (17) determines that a detected candidate is to be outputted as identification result.

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, 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))

(57) 要約: 信号諸元識別装置 (1) は、受信信号の伝送レートを推定する伝送レート推定部 (12) と、受信信号にサンプリング周波数変換を施すレート変換部 (13) と、サンプリング周波数変換の後の信号を用いて、受信信号の諸元の複数の候補のそれぞれに対応する確率を算出する識別部 (15) と、候補ごとの確率を用いて候補を選択し、選択した候補である選択候補に対応する信頼度を算出する信頼度算出部 (16) と、信頼度に基づいて、選択候補を識別結果として出力する処理とサンプリング周波数変換の再実施とのうちいずれを行うかの判定を行う信頼度判定部 (17) と、サンプリング周波数変換の再実施と判定された場合に、サンプリング周波数変換の比率を示すパラメータを変更するパラメータ更新部 (18) と、を備え、信頼度判定部 (17) が選択候補を識別結果として出力する処理を行うと判定するまで、処理を繰り返す。

明 細 書

発明の名称：

信号諸元識別装置、制御回路およびプログラム記憶媒体

技術分野

[0001] 本開示は、受信信号の諸元を推定する信号諸元識別装置、制御回路およびプログラム記憶媒体に関する。

背景技術

[0002] 諸元が未知の信号を受信し、受信信号の諸元を推定する信号諸元識別装置が知られている。例えば、特許文献1には、受信信号の搬送波周波数を逐次推定し、推定された搬送波周波数に基づいて受信信号の周波数偏差を補正し、推定された搬送波周波数と周波数偏差補正後の受信信号とに基づいて変調方式を推定する装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2008-211760号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記特許文献1に記載の技術では、周波数領域の電力スペクトラムが、連続してしきい値以上となる周波数の範囲を伝送帯域幅とし、伝送帯域幅に基づいて伝送レートを推定し、推定した伝送レートを使って位相変動量を算出することで、受信信号の変調方式を推定している。詳細には、上記特許文献1に記載の技術では、電力スペクトラムがしきい値を交差する2点の周波数の差を伝送レートの推定値として求めている。しきい値は、平均化されて滑らかになった電力スペクトラムの最大電力の1/2の点に設定される。

[0005] 諸元の推定対象の信号は、送信装置において、一般に、帯域制限フィルタによるフィルタ処理が施された後に送信される。送信装置から送信される信号の電力スペクトルは、帯域制限フィルタにおいて行われるフィルタリング

に依存する。このため、送信装置が用いた帯域制限フィルタが未知の場合には、電力スペクトラムの最大電力に基づいてしきい値を決定する特許文献1に記載の方法では、しきい値が適切に設定されず、伝送レートの推定誤差が大きくなる可能性があり、これにより信号諸元の識別精度が低下する可能性がある。

[0006] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、信号諸元の識別精度の低下を抑制することができる信号諸元識別装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示にかかる信号諸元識別装置は、受信信号の伝送レートを推定する伝送レート推定部と、受信信号にサンプリング周波数変換を施すレート変換部と、サンプリング周波数変換の後の信号を用いて、受信信号の諸元の複数の候補のそれぞれに対応する確率を算出する識別部と、を備える。信号諸元識別装置は、さらに、識別部によって算出された候補ごとの確率を用いて複数の候補のなかから候補を選択し、選択した候補である選択候補に対応する信頼度を算出する信頼度算出部と、信頼度に基づいて、選択候補を識別結果として出力する処理とサンプリング周波数変換の再実施とのうちいずれを行うかの判定を行う信頼度判定部と、信頼度判定部が、サンプリング周波数変換の再実施を行うと判定した場合に、サンプリング周波数変換の比率を示すパラメータを変更し、レート変換部へ入力するパラメータ更新部と、を備える。レート変換部は、初回のサンプリング周波数変換では、サンプリング周波数変換後のサンプリング周波数が、伝送レート推定部により推定された伝送レートの2倍以上となるようにサンプリング周波数変換を行い、パラメータ更新部からパラメータが入力されるとパラメータに従ってサンプリング周波数変換を実施する。信号諸元識別装置は、信頼度判定部が選択候補を識別結果として出力する処理を行うと判定するまで、パラメータ更新部、レート変換部、識別部、信頼度算出部および信頼度判定部の処理を繰り返す。

発明の効果

[0008] 本開示にかかる信号諸元識別装置は、信号諸元の識別精度の低下を抑制することができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態1にかかる信号諸元識別装置の構成例を示す図

[図2]専用のハードウェアである場合の実施の形態1の処理回路を示す図

[図3]実施の形態1の制御回路の構成例を示す図

[図4]実施の形態1のレート変換部の構成例を示す図

[図5]実施の形態1の識別部の構成例を示す図

[図6]ニューラルネットワークを用いる識別部の構成例を示す図

[図7]実施の形態1の信号諸元識別装置における信号諸元識別処理手順の一例を示すフローチャート

[図8]実施の形態2にかかる信号諸元識別装置の構成例を示す図

[図9]実施の形態3にかかる信号諸元識別装置の構成例を示す図

発明を実施するための形態

[0010] 以下に、実施の形態にかかる信号諸元識別装置、制御回路およびプログラム記憶媒体を図面に基づいて詳細に説明する。

[0011] 実施の形態1.

図1は、実施の形態1にかかる信号諸元識別装置の構成例を示す図である。本実施の形態の信号諸元識別装置1は、図1に示すように、アンテナ10、受信部11、伝送レート推定部12、レート変換部13、サンプル抽出部14、識別部15、信頼度算出部16、信頼度判定部17およびパラメータ更新部18を備える。

[0012] アンテナ10は、図示しない無線機である送信装置から送信された信号を電波として受信する。アンテナ10は、受信した信号を受信部11へ出力する。受信部11は、アンテナ10から出力されるアナログ信号である受信信号に、帯域制限、ダウンコンバート、A/D（Analog-to-Digital：アナログデジタル）変換などの処理を行い、処理後のデジタル信号に、準同期検波処理を行うことにより、同相信号と直交信号の組み合わせすなわちI/Q信号で

ある受信信号 $X(n)$ を出力する。 n は、 A/D 変換におけるサンプリングされた各点を示す番号に相当し、離散化された時間を示す値である。

- [0013] 伝送レート推定部12は、受信部11から出力された受信信号 $X(n)$ の伝送レート R を推定し出力する。伝送レートの推定方法として、受信信号 $X(n)$ を周波数領域の電力スペクトルに変換し、電力スペクトルの周波数幅から伝送レート R を推定する方法などが例示できる。周波数幅は、例えば、電力スペクトルの半値全幅である。受信信号 $X(n)$ から周波数領域の電力スペクトルへの変換には、離散フーリエ変換(DFT (Discrete Fourier Transform))、高速フーリエ変換(FFT (Fast Fourier Transform))などの演算を用いることができる。
- [0014] レート変換部13は、受信部11から出力された受信信号 $X(n)$ にサンプリング周波数変換を施し、サンプリング周波数変換後の受信信号 $X'(n)$ を出力する。サンプリング周波数変換における、入力信号のサンプリングレート R_{s0} を第1レートとし、サンプリング周波数変換後のサンプリングレート R_s を第2レートとすると、以下、第2レートの第1レートに対する比(第2レート/第1レート)を、比 T_R とする。比 T_R は、有理数である。初回のサンプリング周波数変換では、レート変換部13は、例えば、サンプリング周波数変換後のサンプリング周波数を、伝送レート推定部12で推定された伝送レートに応じたサンプリング周波数、すなわち標本化定理に基づくサンプリング周波数に設定する。例えば、レート変換部13は、サンプリング周波数変換後のサンプリング周波数を、標本化定理に基づくサンプリング周波数の最小値、すなわち推定された伝送レートの2倍に設定する。初回のサンプリング周波数変換後のサンプリング周波数は、これに限らず、推定された伝送レートの2倍以上であればよい。本実施の形態では、レート変換部13に、後述するように、レート変換部13から出力された受信信号 $X'(n)$ に関する信頼度が算出された後信頼度に基づいて決定されたパラメータがパラメータ更新部18から入力される。このパラメータは、サンプリング周波数変換に関するパラメータであり、例えば、比 T_R を示す情報である。レ

ート変換部 13 は、パラメータ更新部 18 からパラメータが入力されると、入力されたパラメータに従って、受信部 11 から出力された受信信号 $X(n)$ に対してサンプリング周波数変換を行い、サンプリング周波数変換後の受信信号 $X'(n)$ を出力する。レート変換部 13 の詳細については後述する。

[0015] サンプル抽出部 14 は、レート変換部 13 から出力される受信信号 $X'(n)$ から N サンプルの信号 $X''(k)$ ($k = 0, 1, \dots, N-1$) を抽出して出力する。すなわち、サンプル抽出部 14 は、サンプリング周波数変換の後の信号から、定められた信号長である N サンプルの信号を抽出する抽出部である。サンプル抽出部 14 が、抽出する信号の抽出開始位置は任意である。また、サンプル抽出部 14 は、抽出開始位置の異なる複数の信号を抽出して出力してもよい。 N は、識別部 15 の処理へ入力されるデータのデータ量を決める値であるため、後述する識別部 15 の処理のアルゴリズム、要求される処理時間などに応じて適宜定められればよい。サンプル抽出部 14 は、例えば、識別部 15 がニューラルネットワークを用いて構築される場合などのように、識別部 15 に固定長での入力が必要な場合に用いられる。また、識別部 15 に固定長での入力を行う必要がない場合には、信号諸元識別装置 1 がサンプル抽出部 14 を備えなくてもよく、信号諸元識別装置 1 がサンプル抽出部 14 を備えない場合には、レート変換部 13 から出力された信号が識別部 15 に入力される。

[0016] 識別部 15 は、サンプル抽出部 14 により抽出された信号 $X''(k)$ を用いて、受信信号の諸元を識別し、識別結果を出力する。識別部 15 は、識別結果を確率分布として出力する。この確率分布は、諸元の候補を変数 x で表したときに、受信信号が各候補である確率 $P(x)$ であらわされる分布である。このように、識別部 15 は、サンプリング周波数変換の後の信号を用いて、受信信号の諸元の複数の候補のそれぞれに対応する確率を算出する。識別部 15 の詳細については後述する。信頼度算出部 16 は、識別部 15 によって算出された候補ごとの確率を用いて複数の候補のなかから候補を選択

し、選択した候補である選択候補に対応する信頼度を算出する。詳細には、信頼度算出部 16 は、識別部 15 から出力される確率分布を用いて、確率の高い諸元と当該諸元に対応する信頼度とを求め、求めた諸元と信頼度とを信頼度情報として出力する。信頼度判定部 17 は、信頼度算出部 16 から出力される信頼度情報に含まれる信頼度がしきい値以上であれば、信頼度情報に含まれる諸元を最終的な識別結果として出力する。信頼度判定部 17 は、信頼度算出部 16 から出力される信頼度情報に含まれる信頼度がしきい値未満の場合には、信頼度をパラメータ更新部 18 へ出力する。このように、信頼度判定部 17 は、信頼度に基づいて、選択候補を識別結果として出力する処理とサンプリング周波数変換の再実施とのうちいずれを行うかの判定を行う。

[0017] パラメータ更新部 18 は、信頼度判定部 17 から出力される信頼度を保持しておき、前回までの値と比較することにより、信頼度が増加するようレート変換部 13 のパラメータを更新する。すなわち、パラメータ更新部 18 は、信頼度判定部 17 が、サンプリング周波数変換の再実施を行うと判定した場合に、サンプリング周波数変換の比率を示すパラメータを変更し、レート変換部 13 へ入力する。パラメータ更新部 18 は、過去の信頼度を保持していないとき、すなわち初回の処理では、例えば、あらかじめ定められた後述する最適解探索アルゴリズムにしたがった初回のパラメータ更新の規則にしたがってパラメータを更新する。例えば、パラメータ更新部 18 は、初回の処理では、サンプリング周波数変換における変換後のレートを一定量増加させるようにパラメータを更新してもよいし、サンプリング周波数変換における変換後のサンプリング周波数を一定量減少させるようにパラメータを更新してもよい。または、パラメータ更新部 18 は、初回の処理では、サンプリング周波数変換における変換後のレートが変換前のレートの a 倍となるようにパラメータを更新してもよい。 a はどのように定められてもよい。

[0018] 次に、本実施の形態の信号諸元識別装置 1 のハードウェア構成について説明する。信号諸元識別装置 1 の受信部 11、伝送レート推定部 12、レート

変換部 13、サンプル抽出部 14、識別部 15、信頼度算出部 16、信頼度判定部 17 およびパラメータ更新部 18 の各部は、処理回路により実現される。この処理回路は、専用のハードウェアであってもよいし、プロセッサを備える制御回路であってもよい。

[0019] 図 2 は、専用のハードウェアである場合の本実施の形態の処理回路を示す図である。信号諸元識別装置 1 の受信部 11、伝送レート推定部 12、レート変換部 13、サンプル抽出部 14、識別部 15、信頼度算出部 16、信頼度判定部 17 およびパラメータ更新部 18 の各部は、専用のハードウェアにより実現される場合、例えば、図 2 に示した処理回路 100 により実現される。処理回路 100 は、例えば、単回路、復号回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field Programmable Gate Array)、または、これらを組み合わせたものが該当する。

[0020] 図 3 は、本実施の形態の制御回路の構成例を示す図である。信号諸元識別装置 1 の受信部 11、伝送レート推定部 12、レート変換部 13、サンプル抽出部 14、識別部 15、信頼度算出部 16、信頼度判定部 17 およびパラメータ更新部 18 の各部は、例えば、図 3 に示す制御回路により実現される。図 3 に示すように、制御回路は、受信回路 200、プロセッサ 201、メモリ 202 およびストレージ 203 を備える。

[0021] 受信部 11 は、受信回路 200 により実現される。プロセッサ 201 は、例えば、CPU (Central Processing Unit)、GPU (Graphics Processing Unit)、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、またはDSP (Digital Signal Processor) などである。メモリ 202 は、例えば、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)、およびEEPROM (登録商標) (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) などの半導体メモリ、磁気ディスク、フレキシブルディスク、などが該当する。ストレージ 203 は、例えば、半導体メモリ、

磁気ディスク、フレキシブルディスク、DVD (Digital Versatile Disc) などが該当する。

[0022] 図1に示した伝送レート推定部12、レート変換部13、サンプル抽出部14、識別部15、信頼度算出部16、信頼度判定部17、パラメータ更新部18の各部の機能が図3に示した制御回路により実現される場合、これらの機能は、ソフトウェア、ファームウェア、またはソフトウェアとファームウェアの組み合わせにより実現される。ソフトウェア、ファームウェアはプログラムとして記述され、メモリ202に記憶され、メモリ202が記憶するプログラムをプロセッサ201が読みだして実行することにより各部の機能が実現される。すなわち、このプログラムは、信号諸元識別装置1を制御するためのプログラムである。また、プロセッサ201によってプログラムが実行される中で情報を記録する際には、メモリ202にデータが保持されてもよいし、ストレージ203にデータが保持されてもよい。このプログラムは記憶媒体であるプログラム記憶媒体によって提供されてもよいし、通信媒体などによって提供されてもよい。

[0023] このように、図3に示した制御回路は、信号諸元識別装置を制御するための制御回路であって、受信信号の伝送レートを推定する伝送レート推定ステップと、受信信号にサンプリング周波数変換を施すサンプリング周波数変換ステップと、サンプリング周波数変換の後の信号を用いて、受信信号の諸元の複数の候補のそれぞれに対応する確率を算出する識別ステップと、を信号諸元識別装置に実行させる。さらに、制御回路は、識別ステップによって算出された候補ごとの確率を用いて複数の候補のなかから候補を選択し、選択した候補である選択候補に対応する信頼度を算出する信頼度算出ステップと、信頼度に基づいて、選択候補を識別結果として出力する処理とサンプリング周波数変換の再実施とのうちいずれを行うかの判定を行う信頼度判定ステップと、を信号諸元識別装置に実行させる。さらに、制御回路は、信頼度判定ステップで、サンプリング周波数変換の再実施を行うと判定された場合に、サンプリング周波数変換の比率を示すパラメータを変更する更新ステップ

、を信号諸元識別装置に実行させ、サンプリング周波数変換ステップでは、更新ステップによりパラメータが変更されると変更されたパラメータに従ってサンプリング周波数変換が実施されるように、信号諸元識別装置を制御し、信頼度判定ステップで選択候補を識別結果として出力する処理を行うと判定されるまで、更新ステップ、サンプリング周波数変換ステップ、識別ステップ、信頼度算出ステップおよび信頼度判定ステップを信号諸元識別装置に繰り返させる。

[0024] また、図1に示した伝送レート推定部12、レート変換部13、サンプル抽出部14、識別部15、信頼度算出部16、信頼度判定部17、パラメータ更新部18の各部は、専用のハードウェアである処理回路100と、図3に示した制御回路との組み合わせにより実現されてもよい。

[0025] 次に、本実施の形態のレート変換部13の詳細について説明する。図4は、本実施の形態のレート変換部13の構成例を示す図である。レート変換部13は、補間部130、フィルタ131および間引き部132を備える。補間部130は、受信部11から出力された受信信号 $X(n)$ を補間し、補間後の信号を出力する。補間部130における補間の前の信号のデータ点数と、補間後の信号のデータ点数との比である第1の比は、変更可能である。フィルタ131は、補間部130から出力された補間後の信号に、エイリアスを取り除くフィルタ処理を行い、フィルタ処理後の信号を出力する。

[0026] 間引き部132は、フィルタ131から出力される信号を間引きする。間引き部132における間引きの前の信号のデータ点数と、間引き後の信号のデータ点数との比である第2の比は、変更可能である。レート変換部13は、第1の比と第2の比を調整することにより、レート変換部13から出力される信号のレートの、レート変換部13に入力される信号のレートに対する比 T_R を調整することができる。レート変換部13が、図4に示す構成である場合には、パラメータ更新部18からレート変換部13へ入力されるパラメータは、第1の比および第2の比であってもよいし、比 T_R であってもよい。パラメータ更新部18から入力されるパラメータが比 T_R である場合、例えば

、レート変換部13の図示しない制御部が、比 T_R に基づいて第1の比および第2の比を決定し、決定した第1の比および第2の比をそれぞれ補間部130および間引き部132へ設定する。

[0027] なお、図4では、レート変換部13は、補間部130、フィルタ131および間引き部132を備える例を示したが、レート変換部13の構成はこれに限定されない。例えば、レート変換部13は、ポリフェーズフィルタにより実現されてもよい。

[0028] 次に、本実施の形態の識別部15の詳細について説明する。図5は、本実施の形態の識別部15の構成例を示す図である。識別部15は、特徴量算出部150および判定部151を備える。特徴量算出部150は、サンプル抽出部14から出力される信号 $X''(k)$ の特徴量を算出して出力する。特徴量は、信号 $X''(k)$ の振幅の平均値、分散などであってもよいし、信号 $X''(k)$ の位相の平均値、分散などであってもよいし、これらの組み合わせであってもよい。特徴量は、これらに限定されず、受信信号の諸元を識別するために用いることができる情報であればどのような情報であってもよい。

[0029] 判定部151は、特徴量算出部150から出力された特徴量を用いて、受信信号の諸元を識別する。例えば、判定部151は、特徴量により算出された特徴量と、複数の候補に対応するあらかじめ定められた特徴との距離に基づいて複数の候補に対応する確率を算出する。判定部151が識別する諸元は、例えば、変調方式、SN比およびフィルタ係数のうちの少なくとも1つである。例えば、諸元の候補をあらかじめ複数定義しておき、判定部151は、複数の候補のそれぞれに関する確率を求める。

[0030] 例えば、変調方式として、振幅変調（AM: Amplitude Modulation）、周波数変調（FM: Frequency Modulation）、二位相偏移変調（BPSK: Binary Phase Shift Keying）、四位相偏移変調（QPSK: Quadrature Phase Shift Keying）、周波数偏移変調（FSK: Frequency Shift Keying）の5種の変調方式を候補とするときには、判定部151は、特徴量を用

いて、5つの候補のそれぞれに対応する確率を求める。例えば、各変調方式を、 $X' \quad (k)$ の振幅の平均値、分散、 $X' \quad (k)$ の位相の平均値、分散のうちの少なくとも2つの多次元空間において、各候補の領域をあらかじめ定めておく。そして、例えば、判定部151は、特徴量算出部150から出力された特徴量と各候補との距離をそれぞれ計算し、距離に応じて確率を算出する。この距離は、例えば、各候補の領域の中心すなわち各候補に対応する特徴量と特徴量算出部150から出力された特徴量との距離である。距離から確率への換算は、例えば、距離が短いほど確率が高くなるように、距離と確率との関係をテーブルまたは計算式などにより定めておくことにより行われる。これにより、判定部151は、各候補を変数 x で示すときの確率分布 $P(x)$ を求めることができる。変数 x は、例えば、振幅変調については $x=1$ 、周波数変調については $x=2$ といったように、候補ごとに定められる。変調方式と変数の値との対応はこれに限定されずどのように定められてもよい。

[0031] また、例えばSN比1, 2, ..., 30の30個を諸元の候補とする場合には、判定部151は、候補ごとに、確率を算出する。諸元としてフィルタ係数を識別する場合も同様に、候補となるフィルタ係数の値ごとに、確率を算出する。なお、判定部151は、全ての候補の確率の総和が1になるように多次元空間における特徴量の位置と確率があらかじめ定義されていてもよいし、候補ごとに個別に確率が算出されてもよい。

[0032] なお、サンプル抽出部14において複数の信号が抽出されて複数の信号が出力される場合には、識別部15は、それぞれの信号に対して上述した識別を行い、それぞれの識別結果を平均化した結果を出力する。

[0033] なお、判定部151における諸元の識別方法は、上述した例に限定されず、どのような方法を用いてもよい。例えば、判定部151における諸元の識別に、決定木、ランダムフォレスト、K近傍法などの分類アルゴリズムを用いてもよい。

[0034] また、識別部15の構成は、図5の例に限定されず、例えば、識別部15

は、ニューラルネットワークなどの機械学習を用いてもよい。すなわち、識別部15は、サンプリング周波数変換の後の信号と複数の候補のそれぞれに対応する確率とを含む学習用データにしたがって学習された学習済モデルを用いて、入力される複数の候補のそれぞれに対応する確率を算出してもよい。機械学習としてニューラルネットワークを例に挙げて説明する。

[0035] 図6は、ニューラルネットワークを用いる識別部15の構成例を示す図である。図6に示すように、機械学習部の一例であるニューラルネットワーク152は、入力層のノード $21-1 \sim 21-N$ と、中間層のノード $31-1 \sim 31-K$, $32-1 \sim 32-L$ と、出力層のノード $41-1 \sim 41-M$ と、を備える。

[0036] N は、上述したように、信号 $X''(k)$ のサンプル数である。例えば、 $X''(0)$ がノード $21-1$ に入力され、 $X''(1)$ がノード $21-2$ に入力され、 $\dots$ といったように、信号 $X''(k)$ の各サンプルが入力層のノード $21-1 \sim 21-N$ へ入力される。図6では、中間層が、複数の層で構成される例を図示しているが、中間層は1層であってもよい。 K , L は、中間層の各層のノードの数である。 M は、識別する諸元の候補の数である。

[0037] ニューラルネットワーク152は、 N サンプルの信号 $X''(k)$ と、あらかじめ求めた正解データである各候補に対応する M 個の確率とを含むデータセットを学習用データとして学習を行うことにより学習済モデルを生成する。例えば、上述したように、振幅変調、周波数変調、二位相偏移変調、四位相偏移変調、周波数偏移変調の5種の変調方式を候補とする。このとき、振幅変調された信号を送信して、信号諸元識別装置1に受信させ、このときに、振幅変調の確率を1、他の変調方式の確率を0という正解データを、 N サンプルの信号 $X''(k)$ とともに学習用データとしてニューラルネットワーク152へ入力する。同様に、他の変調方式の候補についても、正解データと N サンプルの信号 $X''(k)$ とを含むデータセットを生成して、ニューラルネットワーク152へ入力する。なお、学習用データにおける N サ

ンプルの信号 $X' \quad (k)$ は、実際に信号諸元識別装置1によって受信された信号を用いて生成されたものであってもよいし、模擬的に生成されたものであってもよい。

[0038] ニューラルネットワーク152では、各層がそれぞれ対応する重み付けを行って次の層の各ノードへ出力するが、上記のような学習用データが入力されると、Nサンプルの信号 $X' \quad (k)$ がニューラルネットワーク152へ入力されたときのニューラルネットワーク152からの出力が正解データに近づくように、各ノードに対応する重みが算出される。これにより学習済モデルが生成される。

[0039] 学習済モデルが生成されると、すなわち、上記の学習により、各ノードの重みが決定されると、ニューラルネットワーク152は、Nサンプルの信号 $X' \quad (k)$ が入力されることにより、各候補に対応する確率を推論できるようになる。なお、ここでは、識別部15が学習済モデルの生成と推論の両方を行う例を説明したが、学習済モデルがあらかじめ生成され、識別部15に学習済モデルが用いられてもよい。この場合、ニューラルネットワーク152は、重みが決定された後の学習済モデルである。

[0040] なお、識別部15で用いられるニューラルネットワークは、マルチパーセプトロン、深層ニューラルネットワーク、畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network)、再帰型ニューラルネットワーク(Recurrent Neural Network)等であってもよく、これらの組み合わせであってもよい。

[0041] 次に、本実施の形態の動作を、フローチャートを用いて説明する。図7は、本実施の形態の信号諸元識別装置1における信号諸元識別処理手順の一例を示すフローチャートである。信号諸元識別装置1は、受信信号の伝送レートを推定する(ステップS1)。詳細には、アンテナ10によって受信された信号が受信部11によって処理されてI/Q信号として伝送レート推定部12へ入力される。そして、伝送レート推定部12が、入力されたI/Q信号すなわち受信信号の伝送レートを推定する。

[0042] 次に、レート変換部13は、受信信号に対してサンプリング周波数変換を実施する（ステップS2）。次に、サンプル抽出部14が、信号を抽出する（ステップS3）。詳細には、サンプル抽出部14が、サンプリング周波数変換後の受信信号からNサンプルの信号を抽出する。

[0043] 次に、識別部15は、サンプル抽出部14により抽出された信号を用いて、受信信号の諸元を識別する（ステップS4）。この識別により得られる識別結果は、上述したとおり、諸元の候補ごとの確率を示す確率分布である。次に、信頼度算出部16は、識別結果から信頼度を算出する（ステップS5）。詳細には、信頼度算出部16では、識別部15から出力される確率分布から信頼度を算出し、確率の高い諸元と対応する信頼度を求める。すなわち、信頼度算出部16では、候補ごとの確率のうち最も確率が高い候補を、選択候補として選択する。例えば、信頼度算出部16は、変数 x に対応する諸元の確率 $P(x)$ の値の最大値 P_{max} と P_{max} に対応する x の値である x_{max} とを求め、 x_{max} および P_{max} をそれぞれ確率の高い諸元および信頼度として出力する。また、信頼度算出部16は、 M 個の候補に対応する M 個の確率すなわち $P(x)$ （ $x=0, 1, \dots, M-1$ ）の総和が1とならない場合には、 P_{max} を、 $P(x)$ （ $x \neq x_{max}$ ）の和で除算したものを信頼度として算出してもよい。または、信頼度算出部16は、確率分布から求められる尖度などの統計値を信頼度として算出してもよい。また、信頼度として、事前に設定した確率分布である $P'(x)$ と識別部15の出力である $P(x)$ が類似した場合には値が高くなり類似していない場合には値が低くなるような指標を用いてもよい。このような指標を用いることにより、識別結果の偽陽性を抑える効果が得られる。具体的な例としては、例えば、識別部15の出力である $P(x)$ と事前に設定し $P'(x)$ とを用いてカルバック・ライブラー情報量 (Kullback-Leibler divergence) などの指標により類似度を算出し、その類似度によって確率に重み付けしたものを信頼度とすることができる。

[0044] 次に、信頼度判定部17は、信頼度算出部16から出力された信頼度がし

きい値以上であるか否かを判定する（ステップS6）。信頼度がしきい値以上である場合（ステップS6 Yes）、信頼度判定部17は、信頼度算出部16から出力された諸元を、最終的な識別結果として出力して処理を終了する。

[0045] 信頼度算出部16から出力される信頼度情報に含まれる信頼度がしきい値未満の場合（ステップS6 No）には、信頼度判定部17は信頼度をパラメータ更新部18へ入力し、パラメータ更新部18がサンプリング周波数変換のパラメータを変更し（ステップS7）、ステップS2からの処理が繰り返される。

[0046] 詳細には、ステップS7では、パラメータ更新部18は、前回設定したパラメータと対応する信頼度とを保持しており、現在設定されているパラメータ、今回信頼度判定部17から受け取った信頼度、前回設定したパラメータおよび前回の信頼度とを用いて、信頼度が大きくなるようにパラメータを変更する。レート変換部13でのサンプリング周波数変換が適切なほど、識別部15の識別精度は高くなり、識別部15の識別精度が高ければ高いほど、本来の諸元 y に対応する確率 $P(y)$ は1に近づき、 y 以外の諸元に対応する確率すなわち $P(x)$ （ $x \neq y$ ）は0に近づく。このことから、ある候補値 x に対する $P(x)$ が1に近づき、 $P(x)$ が0に近づくようなサンプリング周波数変換のパラメータを探索することで、伝送レートの推定精度を高めることができ、これにより諸元の識別精度を高くすることができる。探索には、局所探索法でもよく、焼きなまし法のような大域的最適解探索アルゴリズムを用いてもよい。局所探索法、焼きなまし法は、信頼度が最大となる解を探索するための定められた探索アルゴリズムの例であって、探索アルゴリズムはこれらに限定されない。このように、パラメータ更新部18は、過去の信頼度を保持し、過去の信頼度と今回算出された信頼度とを用いて、信頼度が最大となる解を探索するための定められた探索アルゴリズムに従って、信頼度が増大するようにパラメータを変更する。パラメータ更新部18は、信頼度が入力されると、定められた探索の方法にしたがって、パラメータ

を変更する。パラメータ更新部 18 は、変更したパラメータをレート変換部 13 へ入力し、レート変換部 13 が、入力されたパラメータを用いて設定を変更する。

[0047] このように、信号諸元識別装置が図 3 に示した制御回路で実現される場合、制御回路は、信号諸元識別装置 1 を制御するための制御回路であって、受信信号の伝送レートを推定する伝送レート推定ステップと、受信信号にサンプリング周波数変換を施すサンプリング周波数変換ステップと、を信号諸元識別装置 1 に実行させる。さらに、制御回路は、サンプリング周波数変換後の信号を用いて、受信信号の諸元の複数の候補のそれぞれに対応する確率を算出する識別ステップと、識別ステップによって算出された候補ごとの確率を用いて複数の候補のなかから候補を選択し、選択した候補である選択候補に対応する信頼度を算出する信頼度算出ステップと、信頼度に基づいて、選択候補を識別結果として出力する処理とサンプリング周波数変換の再実施とのうちいずれを行うかの判定を行う信頼度判定ステップと、を信号諸元識別装置 1 に実行させる。さらに、制御回路は、信頼度判定ステップで、レート変換の再実施を行うと判定された場合に、サンプリング周波数変換の比率を示すパラメータを変更する更新ステップ、を信号諸元識別装置 1 に実行させる。レート変換ステップでは、制御回路は、更新ステップによりパラメータが変更されると変更されたパラメータに従ってサンプリング周波数変換が実施されるように、信号諸元識別装置を制御する。制御回路は、信頼度判定ステップで選択候補を識別結果として出力する処理を行うと判定されるまで、更新ステップ、サンプリング周波数変換ステップ、識別ステップ、信頼度算出ステップおよび信頼度判定ステップを信号諸元識別装置 1 に繰り返させる。

[0048] なお、ここでは、パラメータ更新部 18 が、前回設定したパラメータおよび対応する信頼度と、現在設定されているパラメータおよび今回の信頼度とを用いて、定められた探索アルゴリズムにより、パラメータを変更するようにしたが、最適解探索アルゴリズムによっては、過去の複数の信頼度および

パラメータを保持しておき、これらも用いて、パラメータを変更してもよい。また、信頼度の大きいパラメータの探索方法は上述した例に限定されず、例えば、推定された伝送レートRの周辺の探索範囲を、定められた刻みで探索し、得られた複数の信頼度のなかから最大の信頼度を選択し、選択した信頼度がしきい値未満の場合には、探索範囲を変更するまたは刻みを変更して、再度探索を行うといった方法が用いられてもよい。

[0049] 図7に示したように、信号諸元識別装置は、信頼度判定部17が選択候補を識別結果として出力する処理を行うと判定するまで、パラメータ更新部18、レート変換部13、識別部15、信頼度算出部16および信頼度判定部17の処理を繰り返す。なお、図7に示すフローチャートは例であり、具体的処理の手順は図7に示した例に限定されない、同様の結果を得られる処理手順であれば処理の順序の入れ替え、並列化などを行ってもよい。

[0050] 以上の処理により、本実施の形態の信号諸元識別装置1は、受信信号の伝送レートを推定し、推定した伝送レートに受信信号を変換して諸元を識別し、識別結果の信頼度がしきい値未満の場合には、サンプリング周波数換のパラメータを変更し、信頼度がしきい値以上となるまで、処理を繰り返すようにした。信頼度がしきい値以上となったときに、レート変換部13に設定されているパラメータは、伝送レートの精度のよい推定値に対応するものとなる。このように、本実施の形態では、フィードバック処理により伝送レートを推定し、識別結果の信頼度がしきい値以上となるようにしているので、伝送レートの推定誤差の影響を抑制することができる。また、伝送レートの推定誤差の影響を抑制することにより、受信信号の諸元の推定精度を向上させることができる。また、受信周波数帯域が広帯域に渡る場合には、FFTのデータ点数が同程度の場合、電力スペクトラムの周波数分解能が低くなることもあり、このような場合、上記特許文献1に記載の方法では、伝送レートの推定誤差が大きくなる可能性がある。伝送レートの推定値に含まれる誤差が増加すると、特徴量の算出に伝送レートの推定値を用いることから信号諸元の識別精度が低下することが考えられる。これに対して、本実施の形態で

は、フィードバック処理により識別結果の信頼度がしきい値以上となるようにサンプリング周波数変換を実施するので、伝送レートの推定誤差の影響を抑制し、信号諸元の識別精度の低下を抑制することができる。

[0051] 実施の形態 2.

図 8 は、実施の形態 2 にかかる信号諸元識別装置の構成例を示す図である。本実施の形態の信号諸元識別装置 1 a は、図 8 に示すように、アンテナ 1 0、受信部 1 1、伝送レート推定部 1 2、レート変換部 1 3-1~1 3-3、サンプル抽出部 1 4-1~1 4-3、識別部 1 5、信頼度算出部 1 6、信頼度判定部 1 7 およびパラメータ更新部 1 8 を備える。レート変換部 1 3-1~1 3-3 のそれぞれの構成は実施の形態 1 のレート変換部 1 3 と同様である。サンプル抽出部 1 4-1~1 4-3 のそれぞれの構成は、実施の形態 1 のサンプル抽出部 1 4 と同様である。実施の形態 1 と同様の機能を有する構成要素は、実施の形態 1 と同一の符号を付して重複する説明を省略する。以下、実施の形態 1 と異なる点を主に説明する。

[0052] 実施の形態 1 では、レート変換部 1 3 およびサンプル抽出部 1 4 が各々 1 つであるため、回路規模を小さくすることができるが、高速処理が求められる場合には、図 8 に示すように並列化した構成とすることができる。本実施の形態では、異なるパラメータを用いるサンプリング周波数変換を並列に行い、それぞれに対応するサンプル抽出を並列に行うことができるため、実施の形態 1 に比べて、受信信号が入力されてから識別結果が出力されるまでの時間を短縮することができる。

[0053] 図 8 に示した例では、信号諸元識別装置 1 a は、レート変換部 1 3-1~1 3-3 およびサンプル抽出部 1 4-1~1 4-3 をそれぞれ 3 つずつ備えることにより 3 並列で処理を行うが、並列数は 3 に限定されず、2 であってもよいし 4 以上であってもよい。すなわち、レート変換部 1 3-1~1 3-3 は複数のレート変換部の一例であり、レート変換部の数は 2 以上であればよい。同様に、サンプル抽出部 1 4-1~1 4-3 は複数のサンプル抽出部の一例であり、サンプル抽出部の数は 2 以上であればよい。

[0054] アンテナ 10、受信部 11 および伝送レート推定部 12 の動作は実施の形態 1 と同様である。伝送レート推定部 12 により推定された伝送レート R は、レート変換部 13-1 ~ 13-3 に入力される。レート変換部 13-1 ~ 13-3 は、初回は、受信信号のサンプリング周波数すなわちサンプリングレート R_s に対してそれぞれ互いに異なるオフセット量を与えた伝送レートの信号に変換する。例えば、レート変換部 13-1 は、受信信号を $R_s + r$ のサンプリングレートの信号に、レート変換部 13-2 は、受信信号を R_s のサンプリングレートの信号に、レート変換部 13-3 は、受信信号を $R_s - r$ のサンプリングレートの信号に、それぞれ変更する。その後、パラメータ更新部 18 によってパラメータが入力された場合には、レート変換部 13-1 ~ 13-3 のそれぞれは、受信信号に、入力されたパラメータに対応するレートの信号に変換する。

[0055] サンプル抽出部 14-1 ~ 14-3 のそれぞれは、対応するレート変換部 13-1 ~ 13-3 から入力されるサンプリング周波数変換後の信号から N サンプルの信号を抽出し、抽出した信号を識別部 15 へ出力する。すなわち、サンプル抽出部 14-1 ~ 14-3 のそれぞれは、複数のサンプリング周波数に変換された複数の信号のうち対応する 1 つの信号から、定められた信号長の信号を抽出する。識別部 15 には、レート変換部 13-1 ~ 13-3 からそれぞれ互いに異なるレートに変換された信号が入力される。識別部 15 は、これらの信号のそれぞれに関して、実施の形態 1 と同様に識別結果すなわち確率分布を算出する。信頼度算出部 16 は、複数の確率分布のそれぞれの確率の高い諸元と信頼度とを実施の形態 1 と同様に算出する。信頼度判定部 17 は、複数の信頼度のうち最も信頼度の高い信頼度がしきい値以上であるか否かを判断する。信頼度判定部 17 は、複数の信頼度のうち最も信頼度の高い信頼度がしきい値以上である場合、信頼度判定部 17 は、当該信頼度に対応する諸元を最終的な識別結果として出力する。

[0056] 信頼度判定部 17 は、複数の信頼度のうち最も信頼度の高い信頼度がしきい値未満の場合には、パラメータ更新部 18 へ複数の信頼度を入力する。パ

ラメータ更新部 18 は、複数の信頼度に関して、前回の対応する信頼度と比較し、信頼度が高くなるようにそれぞれのパラメータを更新し、更新したパラメータを対応するレート変換部 13-1 ~ 13-3 へ入力する。以降、実施の形態 1 と同様に、レート変換部 13-1 ~ 13-3、サンプル抽出部 14-1 ~ 14-3、識別部 15、信頼度算出部 16 および信頼度判定部 17 の処理が、行われ、信頼度判定部 17 が複数の信頼度のうち最も信頼度の高い信頼度がしきい値以上である場合には、信頼度判定部 17 は、当該信頼度に対応する諸元を最終的な識別結果として出力する。複数の信頼度のうち最も信頼度の高い信頼度がしきい値未満の場合には、パラメータ更新部 18 がパラメータを更新し、以降、実施の形態 1 と同様に、信頼度判定部 17 が複数の信頼度のうち最も信頼度の高い信頼度がしきい値以上であると判断するまで、処理が繰り返される。

[0057] このように、本実施の形態では、レート変換部 13-1 ~ 13-3 は、受信信号を、互いに異なる複数のサンプリング周波数へ変換し、識別部 15 は、複数のサンプリング周波数に変換された複数の信号のそれぞれに関して、複数の候補のそれぞれに対応する確率を算出する。そして、信頼度算出部 16 は、複数のレートの信号のそれぞれに対応する候補を選択し当該候補に対応する信頼度を算出し、信頼度判定部 17 は、複数のレートに対応する複数の信頼度に基づいて、選択候補を識別結果として出力する処理とサンプリング周波数変換の再実施とのうちいずれを行うかの判定を行う。

[0058] レート変換部 13-1 ~ 13-3 およびサンプル抽出部 14-1 ~ 14-3 は、実施の形態 1 のレート変換部 13 およびサンプル抽出部 14 と同様に処理回路により実現される。

[0059] 以上のように、本実施の形態では、サンプリング周波数変換処理およびサンプル抽出処理を並列化した。このため、実施の形態 1 と同様の効果が得られるとともに、実施の形態 1 に比べて、受信信号が入力されてから識別結果が出力されるまでの時間を短縮することが可能となる。

[0060] 実施の形態 3.

図9は、実施の形態3にかかる信号諸元識別装置の構成例を示す図である。本実施の形態の信号諸元識別装置1bは、図9に示すように、アンテナ10、受信部11、伝送レート推定部12、レート変換部13-1~13-3、サンプル抽出部14-1~14-3、識別部15-1~15-3、信頼度算出部16、信頼度判定部17およびパラメータ更新部18を備える。識別部15-1~15-3のそれぞれの構成は実施の形態1の識別部15と同様である。実施の形態2と同様の機能を有する構成要素は、実施の形態2と同一の符号を付して重複する説明を省略する。以下、実施の形態2と異なる点を主に説明する。

[0061] 実施の形態3では、実施の形態2と同様にサンプリング周波数変換処理およびサンプル抽出処理を並列化し、さらに、識別処理を並列化する。例えば、受信信号が広い周波数帯域の信号である場合、受信信号の伝送レートの探索範囲も広くなることが考えられる。このような場合には、サンプリング周波数の探索範囲を伝送レートに応じて複数の範囲に分割し、分割した範囲ごとに識別処理を行う方が高精度に諸元の識別が可能な場合がある。例えば、諸元の候補が10種の変調方式である場合、伝送レートの高い変調方式と、伝送レートの低い変調方式と、伝送レートが中程度の変調方式と、に分類する。そして、レート変換部13-1~13-3をそれぞれ伝送レートの3つの範囲のいずれかに対応させて、対応する伝送レートに応じてサンプリング周波数変換を行うように、レート変換部13-1~13-3のパラメータを設定する。

[0062] サンプル抽出部14-1~14-3は、それぞれ実施の形態2と同様に、Nサンプルの信号を抽出して、抽出した信号を対応する識別部15-1~15-3へ入力する。識別部15-1~15-3は、それぞれ対応する伝送レートの範囲に対応する候補についての識別処理を行う。すなわち、識別部15-1~15-3のそれぞれは、複数のサンプリング周波数に変換された複数の信号のうち対応する1つの信号を用いて、諸元の複数の候補のそれぞれに対応する確率を算出する。識別部15-1~15-3は、それぞれ確率分

布を信頼度算出部 16 へ算出する。信頼度算出部 16 は、実施の形態 2 と同様に、複数の確率分布のそれぞれの確率の高い諸元と信頼度とを算出する。信頼度判定部 17 は、実施の形態 2 と同様に、複数の信頼度のうち最も信頼度の高い信頼度がしきい値以上であるか否かを判断する。信頼度判定部 17 は、複数の信頼度のうち最も信頼度の高い信頼度がしきい値以上である場合、当該信頼度に対応する諸元を最終的な識別結果として出力する。

[0063] 信頼度判定部 17 は、複数の信頼度のうち最も信頼度の高い信頼度がしきい値未満の場合には、パラメータ更新部 18 へ複数の信頼度を入力する。パラメータ更新部 18 は、複数の信頼度に関して、前回の対応する信頼度と比較し、信頼度が高くなるようにそれぞれのパラメータを更新し、更新したパラメータを対応するレート変換部 13-1 ~ 13-3 へ入力する。このとき、本実施の形態では、パラメータ更新部 18 は、レート変換部 13-1 ~ 13-3 のそれぞれのサンプリング周波数変換後のレートが、対応する伝送レートに適した範囲となるように、パラメータを更新する。以上述べた以外の本実施の形態の動作は、実施の形態 2 と同様である。

[0064] 識別部 15-1 ~ 15-3 は、実施の形態 1 の識別部 15 と同様に処理回路により実現される。

[0065] 以上述べた例では、レート変換部 13-1 ~ 13-3、サンプル抽出部 14-1 ~ 14-3 および識別部 15-1 ~ 15-3 をそれぞれ 3 つずつ備えることにより 3 並列で処理を行ったが、並列数は 3 に限定されず、2 であってもよいし 4 以上であってもよい。すなわち、識別部 15-1 ~ 15-3 は、複数の識別部の一例である。

[0066] 以上のように、本実施の形態では、サンプリング周波数変換処理およびサンプル抽出処理を並列化した。このため、実施の形態 2 と同様の効果が得られるとともに、広い周波数帯域の受信信号の諸元を識別する場合であっても、適切な範囲の伝送レートに対応した識別処理を行うことが可能となり、識別精度を改善できる。

[0067] 以上の実施の形態に示した構成は、一例を示すものであり、別の公知の技

術と組み合わせることも可能であるし、実施の形態同士を組み合わせることも可能であるし、要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0068] 1 信号諸元識別装置、10 アンテナ、11 受信部、12 伝送レート推定部、13, 13-1~13-3 レート変換部、14, 14-1~14-3 サンプル抽出部、15, 15-1~15-3 識別部、16 信頼度算出部、17 信頼度判定部、18 パラメータ更新部。

請求の範囲

[請求項1]

受信信号の伝送レートを推定する伝送レート推定部と、
前記受信信号にサンプリング周波数変換を施すレート変換部と、
前記サンプリング周波数変換の後の信号を用いて、前記受信信号の諸元の複数の候補のそれぞれに対応する確率を算出する識別部と、
前記識別部によって算出された前記候補ごとの確率を用いて前記複数の候補のなかから候補を選択し、選択した候補である選択候補に対応する信頼度を算出する信頼度算出部と、
前記信頼度に基づいて、前記選択候補を識別結果として出力する処理と前記サンプリング周波数変換の再実施とのうちいずれを行うかの判定を行う信頼度判定部と、
前記信頼度判定部が、前記サンプリング周波数変換の再実施を行うと判定した場合に、前記サンプリング周波数変換の比率を示すパラメータを変更し、前記レート変換部へ入力するパラメータ更新部と、
を備え、
前記レート変換部は、初回の前記サンプリング周波数変換では、サンプリング周波数変換後のサンプリング周波数が、前記伝送レート推定部により推定された伝送レートの2倍以上となるように前記サンプリング周波数変換を行い、前記パラメータ更新部から前記パラメータが入力されると前記パラメータに従って前記サンプリング周波数変換を実施し、
前記信頼度判定部が前記選択候補を識別結果として出力する処理を行うと判定するまで、前記パラメータ更新部、前記レート変換部、前記識別部、前記信頼度算出部および前記信頼度判定部の処理を繰り返すことを特徴とする信号諸元識別装置。

[請求項2]

前記サンプリング周波数変換の後の信号から、定められた信号長の信号を抽出する抽出部、
を備え、

前記識別部は、前記抽出部によって抽出された信号を用いて、前記複数の候補のそれぞれに対応する前記確率を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の信号諸元識別装置。

[請求項3]

前記レート変換部を複数備え、

複数の前記レート変換部は、前記受信信号を、互いに異なる複数のサンプリング周波数へ変換し、

前記識別部は、前記複数のサンプリング周波数に変換された複数の信号のそれぞれに関して、前記複数の候補のそれぞれに対応する前記確率を算出し、

前記信頼度算出部は、前記複数のサンプリング周波数の信号のそれぞれに対応する前記候補を選択し当該候補に対応する前記信頼度を算出し、

前記信頼度判定部は、前記複数のサンプリング周波数に対応する複数の前記信頼度に基づいて前記判定を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の信号諸元識別装置。

[請求項4]

前記識別部を複数備え、

複数の前記識別部のそれぞれは、前記複数のサンプリング周波数に変換された複数の信号のうち対応する 1 つの信号を用いて、前記複数の候補のそれぞれに対応する前記確率を算出することを特徴とする請求項 3 に記載の信号諸元識別装置。

[請求項5]

サンプリング周波数変換の後の信号から、定められた信号長の信号を抽出する複数の抽出部、

を備え、

複数の前記抽出部のそれぞれは、前記複数のサンプリング周波数に変換された複数の信号のうち対応する 1 つの信号から、定められた信号長の信号を抽出し、

前記識別部は、前記抽出部によって抽出された信号を用いて、前記複数の候補のそれぞれに対応する前記確率を算出することを特徴とす

る請求項3または4に記載の信号諸元識別装置。

[請求項6]

前記識別部は、

前記サンプリング周波数変換の後の信号から特徴量を算出する特徴量算出部と、

前記特徴量算出部により算出された前記特徴量と、前記複数の候補に対応するあらかじめ定められた特徴との距離に基づいて前記複数の候補に対応する前記確率を算出する判定部と、

を備えることを特徴とする請求項1から5のいずれか1つに記載の信号諸元識別装置。

[請求項7]

前記識別部は、

前記サンプリング周波数変換の後の信号と前記複数の候補のそれぞれに対応する確率とを含む学習用データにしたがって学習された学習済モデルを用いて、入力される前記複数の候補のそれぞれに対応する確率を算出することを特徴とする請求項1から5のいずれか1つに記載の信号諸元識別装置。

[請求項8]

前記信頼度算出部は、前記候補ごとの確率のうち最も確率が高い前記候補を、前記選択候補として選択することを特徴とする請求項1から7のいずれか1つに記載の信号諸元識別装置。

[請求項9]

前記パラメータ更新部は、過去の前記信頼度を保持し、過去の前記信頼度と今回算出された前記信頼度とを用いて、前記信頼度が最大となる解を探索するための定められた探索アルゴリズムに従って、前記信頼度が増大するように前記パラメータを変更することを特徴とする請求項1から8のいずれか1つに記載の信号諸元識別装置。

[請求項10]

信号諸元識別装置を制御するための制御回路であって、

受信信号の伝送レートを推定する伝送レート推定ステップと、

前記受信信号にサンプリング周波数変換を施すサンプリング周波数変換ステップと、

前記サンプリング周波数変換の後の信号を用いて、前記受信信号の

諸元の複数の候補のそれぞれに対応する確率を算出する識別ステップと、

前記識別ステップによって算出された前記候補ごとの確率を用いて前記複数の候補のなかから候補を選択し、選択した候補である選択候補に対応する信頼度を算出する信頼度算出ステップと、

前記信頼度に基づいて、前記選択候補を識別結果として出力する処理と前記サンプリング周波数変換の再実施とのうちいずれを行うかの判定を行う信頼度判定ステップと、

前記信頼度判定ステップで、前記サンプリング周波数変換の再実施を行うと判定された場合に、前記サンプリング周波数変換の比率を示すパラメータを変更する更新ステップと、

を前記信号諸元識別装置に実行させ、

前記サンプリング周波数変換ステップでは、初回の前記サンプリング周波数変換では、サンプリング周波数変換後のサンプリング周波数が、前記伝送レート推定ステップで推定された伝送レートの2倍以上となるように前記サンプリング周波数変換を行い、前記更新ステップにより前記パラメータが変更されると変更された前記パラメータに従って前記サンプリング周波数変換が実施されるように、前記信号諸元識別装置を制御し、

前記信頼度判定ステップで前記選択候補を識別結果として出力する処理を行うと判定されるまで、前記更新ステップ、前記サンプリング周波数変換ステップ、前記識別ステップ、前記信頼度算出ステップおよび前記信頼度判定ステップを前記信号諸元識別装置に繰り返させることを特徴とする制御回路。

[請求項11]

信号諸元識別装置を制御するためのプログラムを記憶するプログラム記憶媒体であって、

前記プログラムは、

受信信号の伝送レートを推定する伝送レート推定ステップと、

前記受信信号にサンプリング周波数変換を施すサンプリング周波数変換ステップと、

前記サンプリング周波数変換の後の信号を用いて、前記受信信号の諸元の複数の候補のそれぞれに対応する確率を算出する識別ステップと、

前記識別ステップによって算出された前記候補ごとの確率を用いて前記複数の候補のなかから候補を選択し、選択した候補である選択候補に対応する信頼度を算出する信頼度算出ステップと、

前記信頼度に基づいて、前記選択候補を識別結果として出力する処理と前記サンプリング周波数変換の再実施とのうちいずれを行うかの判定を行う信頼度判定ステップと、

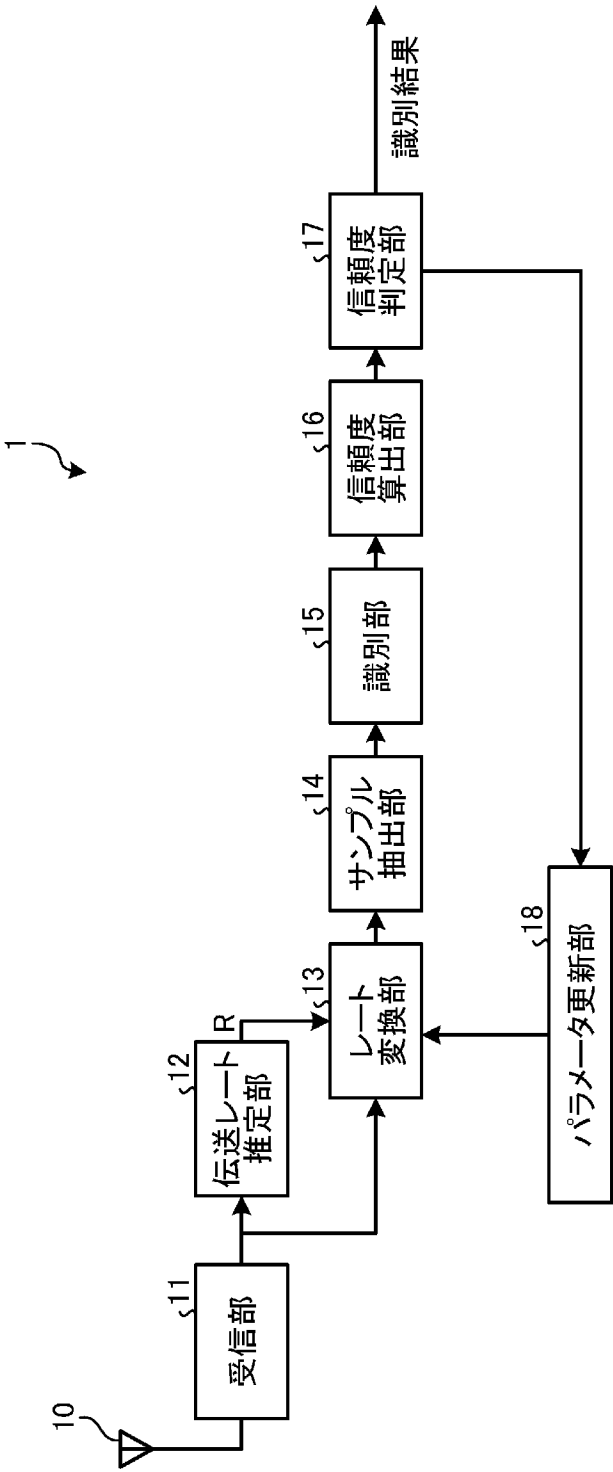
前記信頼度判定ステップで、前記サンプリング周波数変換の再実施を行うと判定された場合に、前記サンプリング周波数変換の比率を示すパラメータを変更する更新ステップと、

を前記信号諸元識別装置に実行させ、

前記サンプリング周波数変換ステップでは、初回の前記サンプリング周波数変換では、サンプリング周波数変換後のサンプリング周波数が、前記伝送レート推定ステップで推定された伝送レートの2倍以上となるように前記サンプリング周波数変換を行い、前記更新ステップにより前記パラメータが変更されると変更された前記パラメータに従って前記サンプリング周波数変換が実施されるように、前記信号諸元識別装置を制御し、

前記信頼度判定ステップで前記選択候補を識別結果として出力する処理を行うと判定されるまで、前記更新ステップ、前記サンプリング周波数変換ステップ、前記識別ステップ、前記信頼度算出ステップおよび前記信頼度判定ステップを前記信号諸元識別装置に繰り返させることを特徴とするプログラム記憶媒体。

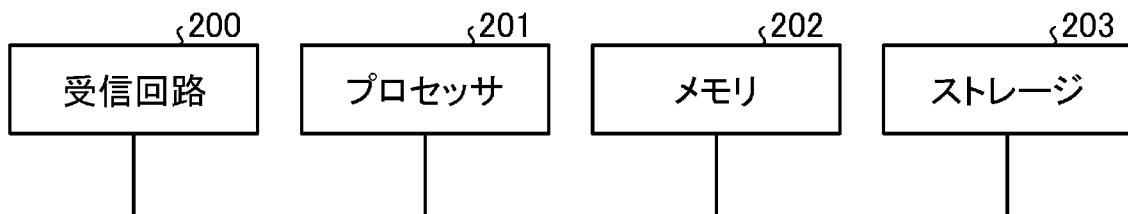
[図1]



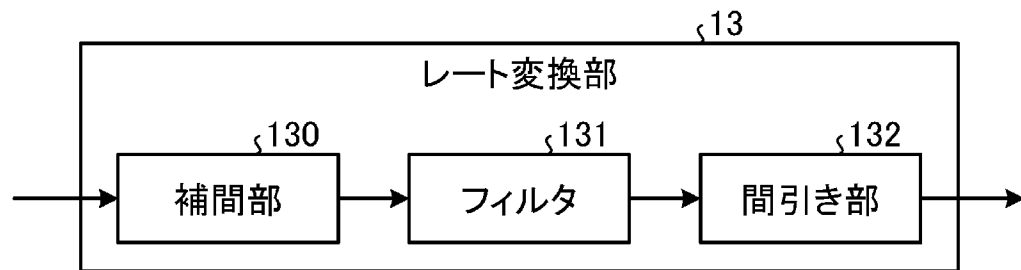
[図2]



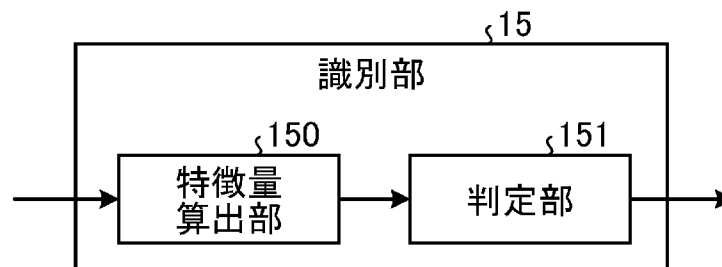
[図3]



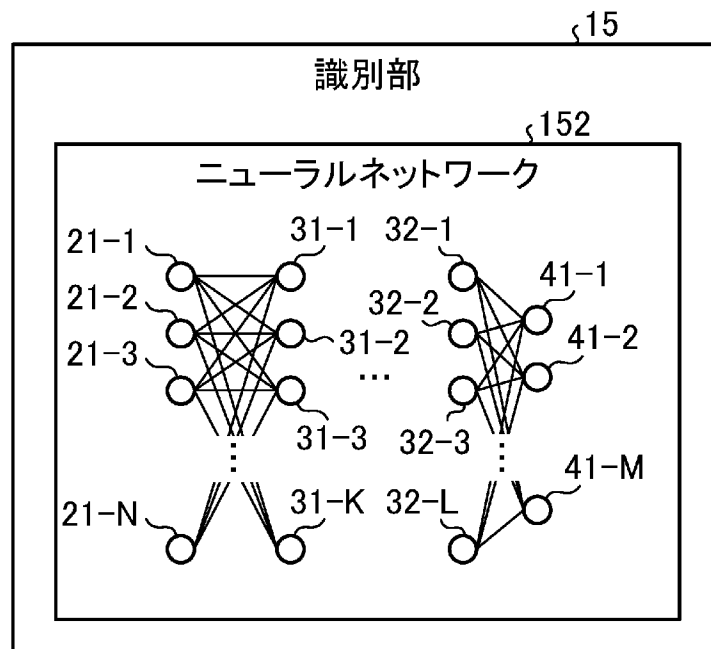
[図4]



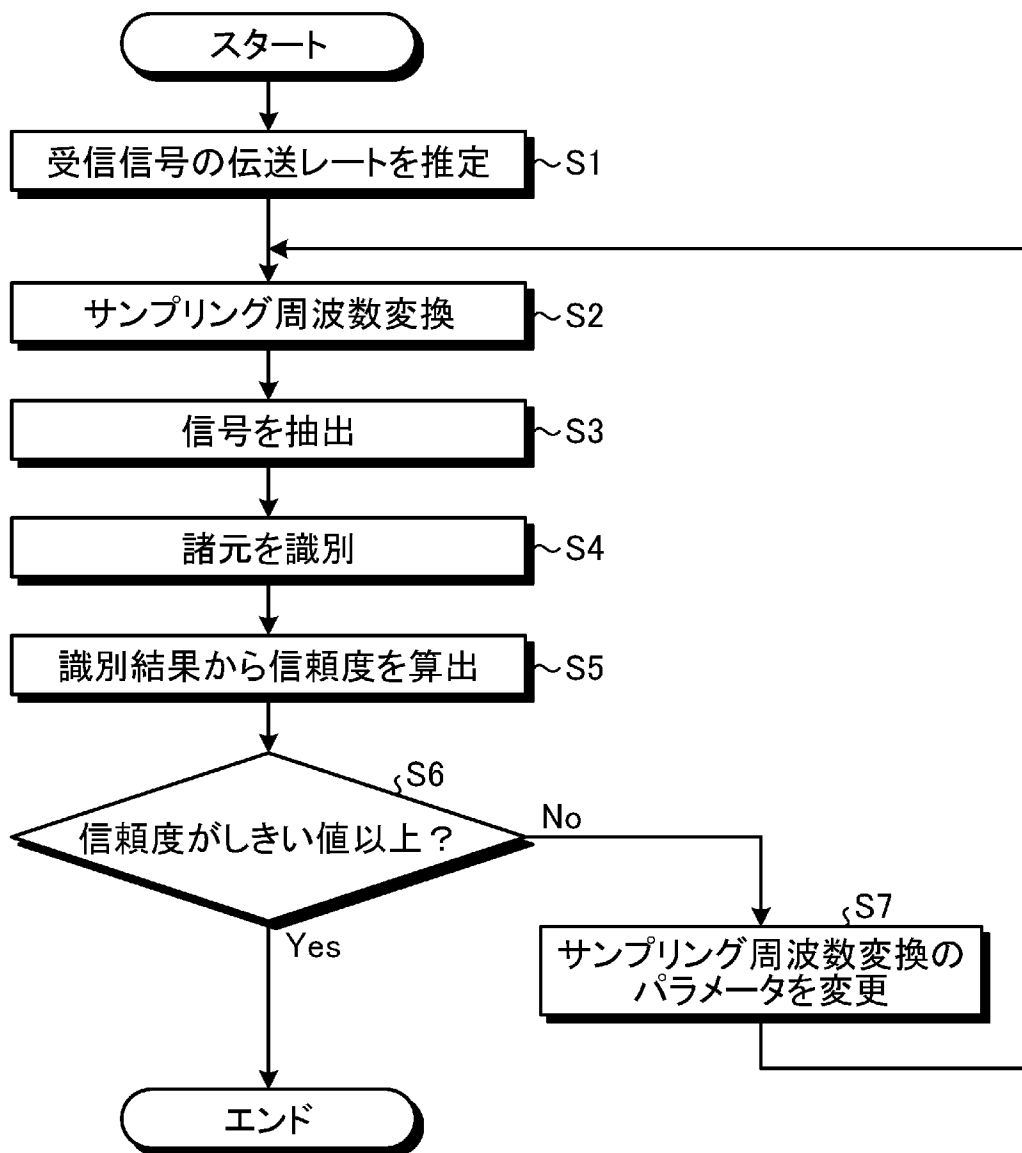
[図5]



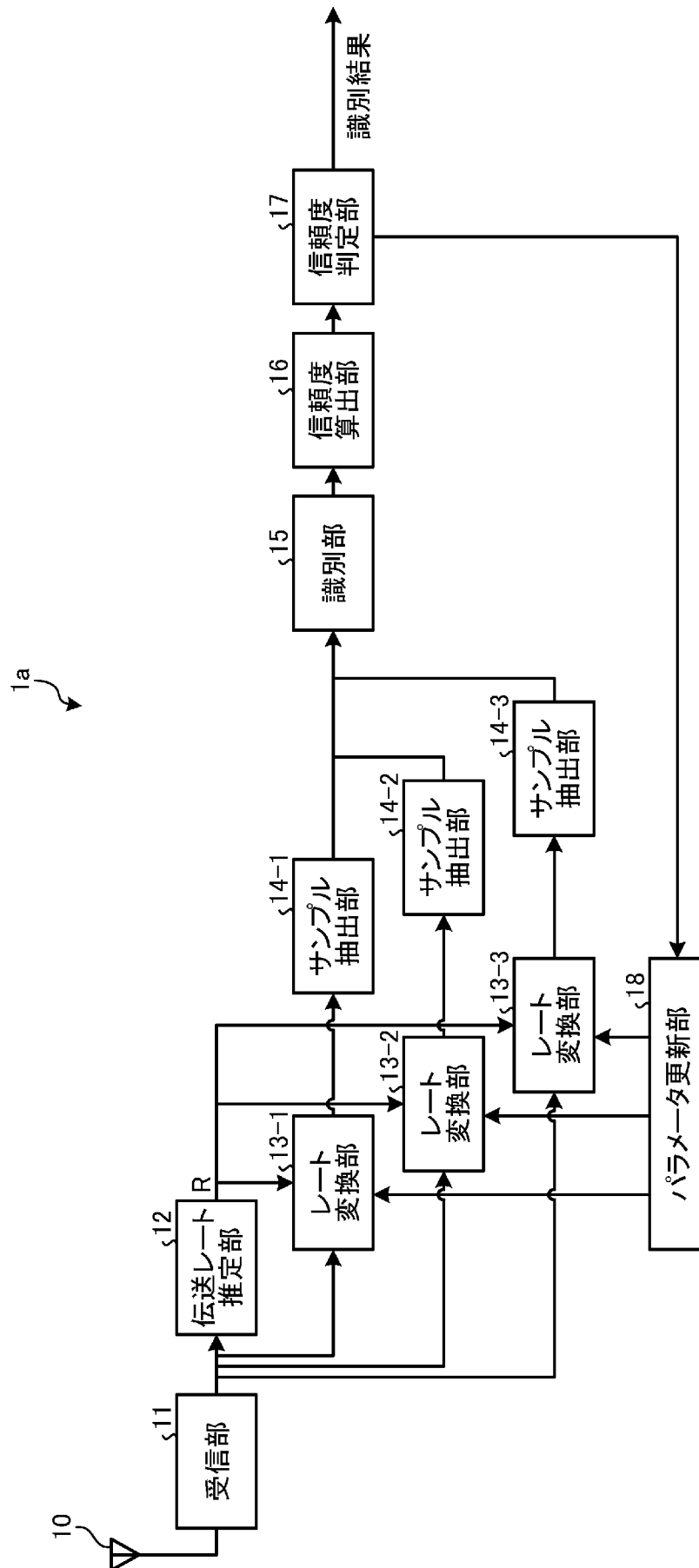
[図6]



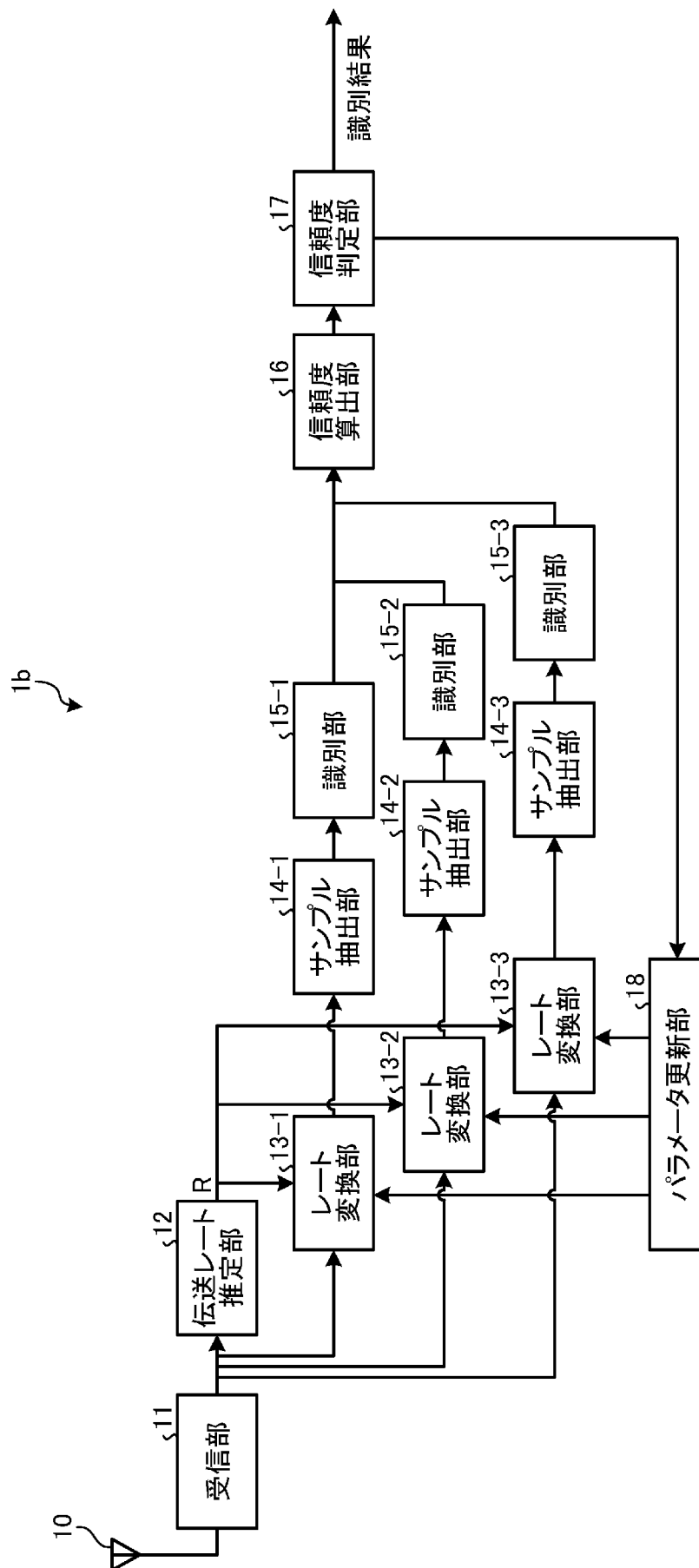
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/028410

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H04L27/00 (2006.01) i

FI: H04L27/00 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)

Int. Cl. H04L27/00

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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	JP 2005-318246 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 10 November 2005, paragraphs [0015]-[0024], fig. 1-3	1-11
A	JP 2010-252269 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 04 November 2010, paragraphs [0010]-[0021], fig. 1	1-11
A	JP 2019-161449 A (TOSHIBA CORP.) 19 September 2019, paragraphs [0008]-[0029], fig. 1	1-11

☐ 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
07.10.2020

Date of mailing of the international search report
20.10.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
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/JP2020/028410

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2005-318246 A	10.11.2005	(Family: none)	
JP 2010-252269 A	04.11.2010	(Family: none)	
JP 2019-161449 A	19.09.2019	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04L 27/00(2006.01)i FI: H04L27/00 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）） H04L27/00		
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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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
A	JP 2005-318246 A（三菱電機株式会社）10.11.2005（2005-11-10） [0015] - [0024]，図1-3	1-11
A	JP 2010-252269 A（三菱電機株式会社）04.11.2010（2010-11-04） [0010] - [0021]，図1	1-11
A	JP 2019-161449 A（株式会社東芝）19.09.2019（2019-09-19） [0008] - [0029]，図1	1-11
☐ 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 07.10.2020	国際調査報告の発送日 20.10.2020	
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） 北村 智彦 5K 9297 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/JP2020/028410

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2005-318246	A	10.11.2005	(ファミリーなし)	
JP	2010-252269	A	04.11.2010	(ファミリーなし)	
JP	2019-161449	A	19.09.2019	(ファミリーなし)	