(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
2020年4月30日(30.04.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/085253 A1

(51) 国際特許分類:
H04B 7/0456 (2017.01) *H04B 7/06* (2006.01)
H04B 7/0417 (2017.01) *H04L 27/01* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/041193

(22) 国際出願日： 2019年10月18日(18.10.2019)

(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 2018-200344 2018年10月24日(24.10.2018) JP

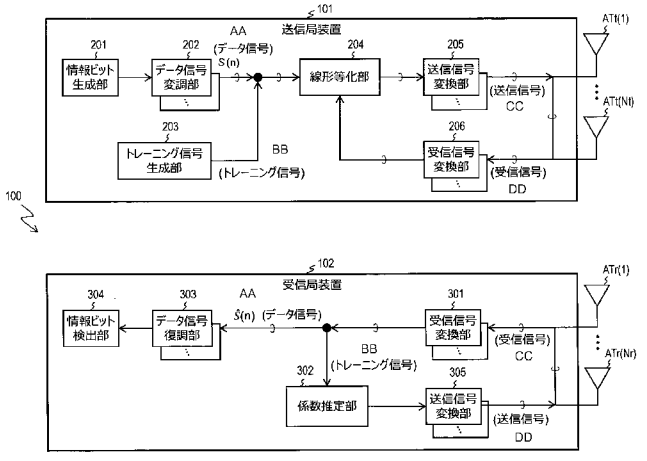
(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (**NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目５番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 栗山 圭太 (**KURIYAMA, Keita**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 福園隼人 (**FUKUZONO, Hayato**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 吉岡 正文 (**YOSHIOKA, Masafumi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 立田 努 (**TATSUTA, Tsutomu**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 古谷 史旺, 外 (**FURUYA, Fumio** et al.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿１丁目１９番５号 第２明宝ビル９階 Tokyo (JP).

(54) **Title:** WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM, WIRELESS COMMUNICATION METHOD, TRANSMITTING STATION DEVICE, AND RECEIVING STATION DEVICE

(54) 発明の名称： 無線通信システム、無線通信方法、送信局装置および受信局装置



101 Transmitting station device
102 Receiving station device
201 Information bit generation unit
202 Data signal modulation unit
203 Training signal generation unit
204 Linear equalization unit
205, 305 Transmission signal conversion unit
206, 301 Reception signal conversion unit
302 Coefficient estimation unit
303 Data signal demodulation unit
304 Information bit detection unit
AA (Data signal)
BB (Training signal)
CC (Transmission signal)
DD (Reception signal)

(57) **Abstract:** In the present invention, a transmitting station device is provided with a plurality of modulation units for modulating each individual stream into which transmission data is divided and generating a plurality of first data signals, a training signal generation unit, a linear equalization unit for linearly equalizing the first data signals using a tap coefficient for removing inter-antenna interference and inter-symbol interference and outputting a second data signal

WO 2020/085253 A1

[続葉有]

(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, JO, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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))

that has been simultaneously subjected to transmission beam formation and an equalization process, and a plurality of transmitting station communication units for transmitting the training signal or the second data signal to a receiving station device and receiving a tap coefficient from the receiving station device, the receiving station device being provided with a coefficient estimation unit for estimating a communication path impulse response from the training signal and calculating a tap coefficient on the basis of the communication path impulse response, and a receiving station communication unit for receiving the second data signal or the training signal and transmitting the tap coefficient calculated by the coefficient calculation unit to the transmitting station device.

(57) 要約:本発明では、送信局装置は、送信データを分割した各々のストリームを変調して複数の第1データ信号を生成する複数の変調部と、トレーニング信号生成部と、アンテナ間干渉およびシンボル間干渉を除去するタップ係数を用いて第1データ信号の線形等化を行い、送信ビーム形成と等化処理とを同時に行った第2データ信号を出力する線形等化部と、トレーニング信号または第2データ信号を受信局装置に送信し、タップ係数を受信局装置から受信する複数の送信局通信部とを備え、受信局装置は、トレーニング信号から通信路インパルス応答を推定し、通信路インパルス応答に基づいて、タップ係数を算出する係数推定部と、第2データ信号またはトレーニング信号を受信し、係数推定部が算出したタップ係数を送信局装置に送信する受信局通信部とを備える。

明　細　書

発明の名称 ：

無線通信システム、無線通信方法、送信局装置および受信局装置

技術分野

[0001] 本発明は、シングルキャリアＭＩＭＯ（Ｍｕｌｔｉｐｌｅ－Ｉｎｐｕｔ Ｍｕｌｔｉｐｌｅ－Ｏｕｔｐｕｔ）伝送を行う無線通信システムにおいて、アンテナ間干渉とシンボル間干渉とを抑制する技術に関する。

背景技術

[0002] 周波数選択性のフェージングがある通信環境下で広帯域のシングルキャリアＭＩＭＯ伝送を行う際には、複数のアンテナの空間的な広がりにより生じるＩＡＩ（Ｉｎｔｅｒ－Ａｎｔｅｎｎａ Ｉｎｔｅｒｆｅｒｅｎｃｅ：アンテナ間干渉）と、通信路特性の時間的な広がりにより生じるＩＳＩ（Ｉｎｔｅｒ－Ｓｙｍｂｏｌ Ｉｎｔｅｒｆｅｒｅｎｃｅ：シンボル間干渉）を抑制するための処理が必要となる。ここで、ＭＩＭＯ伝送される各信号ストリームを時間方向でブロック化することにより、通信路特性を示すＣＩＲ（Ｃｈａｎｎｅｌ Ｉｍｐｕｌｓｅ Ｒｅｓｐｏｎｓｅ：通信路インパルス応答）行列に時間および空間情報を含めることができる。そこで、従来技術では、ＣＰ（Ｃｙｃｌｉｃ Ｐｒｅｆｉｘ：巡回プレフィックス）を付加してＭＩＭＯ伝送される信号をブロック化し、ブロック単位で送信ビーム形成を行うことにより、ＩＡＩおよびＩＳＩを除去している（例えば、非特許文献１参照）。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献1：S.Yoshioka,S.Kumagai,and F.Adachi, “Single-carrier multi-user MIMO downlink with time-domain Tomlinson-harashima precoding,” IEICE Trans.Commun.,vol.E99-B,Feb.2016.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところが、従来技術では、送信ビーム形成のためにブロック単位で行列演算を行い、各ブロックの後尾の一部のデータをコピーして各ブロックの先頭にＣＰとして付加する処理を行うので、ブロック単位での行列乗算時やＣＰの付加時に、それぞれ１ブロック長分の処理遅延が発生するという問題がある。

[0005] 本発明は、シングルキャリアＭＩＭＯ伝送における処理遅延を抑制しつつ、送信ビーム形成と等化処理とを両立してＩＡＩおよびＩＳＩを同時に除去できる無線通信システム、無線通信方法、送信局装置および受信局装置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

[0006] 第１の発明は、送信局装置と単数または複数の受信局装置との間でシングルキャリアＭＩＭＯ伝送を行う無線通信システムにおいて、前記送信局装置は、送信データを複数のストリームに分割した各々のストリームを変調して複数の第１データ信号を生成する複数の変調部と、既知のトレーニング信号を生成するトレーニング信号生成部と、アンテナ間干渉およびシンボル間干渉を除去するタップ係数を用いて複数の前記第１データ信号の線形等化を行い、送信ビーム形成と等化処理とを同時に行った複数の第２データ信号を出力する線形等化部と、前記トレーニング信号または複数の前記第２データ信号を前記受信局装置に送信し、前記タップ係数を前記受信局装置から受信する複数の送信局通信部とを備え、前記受信局装置は、前記送信局装置が送信した前記トレーニング信号から通信路インパルス応答を推定し、前記通信路インパルス応答に基づいて、前記送信局装置の前記線形等化部で用いる前記タップ係数を算出する係数推定部と、前記送信局装置が送信する前記第２データ信号または前記トレーニング信号を受信し、前記係数推定部が算出した前記タップ係数を前記送信局装置に送信する受信局通信部とを備えることを特徴とする。

[0007] 第２の発明は、送信局装置と単数または複数の受信局装置との間でシング

ルキャリアＭＩＭＯ伝送を行う無線通信システムにおいて、前記送信局装置は、送信データを複数のストリームに分割した各々のストリームを変調して複数の第１データ信号を生成する複数の変調部と、既知のトレーニング信号を生成するトレーニング信号生成部と、アンテナ間干渉およびシンボル間干渉を除去するタップ係数を用いて複数の前記第１データ信号の線形等化を行い、送信ビーム形成と等化処理とを同時に行った複数の第２データ信号を出力する線形等化部と、前記受信局装置から受信する通信路インパルス応答に基づいて、前記タップ係数を算出する係数算出部と、前記トレーニング信号または複数の前記第２データ信号を前記受信局装置に送信し、前記通信路インパルス応答を前記受信局装置から受信する複数の送信局通信部とを備え、前記受信局装置は、前記送信局装置が送信した前記トレーニング信号から前記通信路インパルス応答を推定する推定部と、前記送信局装置が送信する前記第２データ信号または前記トレーニング信号を受信し、前記推定部が推定した前記通信路インパルス応答を前記送信局装置に送信する受信局通信部とを備えることを特徴とする。

[0008] 第３の発明は、送信局装置と単数または複数の受信局装置との間でシングルキャリアＭＩＭＯ伝送を行う無線通信システムにおける無線通信方法であって、前記送信局装置は、送信データを複数のストリームに分割した各々のストリームを変調して複数の第１データ信号を生成する変調処理と、既知のトレーニング信号を生成するトレーニング信号生成処理と、アンテナ間干渉およびシンボル間干渉を除去するタップ係数を用いて複数の前記第１データ信号の線形等化を行い、送信ビーム形成と等化処理とを同時に行った複数の第２データ信号を出力する線形等化処理と、前記トレーニング信号または複数の前記第２データ信号を前記受信局装置に送信し、前記タップ係数を前記受信局装置から受信する送信局通信処理とを実行し、前記受信局装置は、前記送信局装置が送信した前記トレーニング信号から通信路インパルス応答を推定し、前記通信路インパルス応答に基づいて、前記送信局装置の前記線形等化処理で用いる前記タップ係数を算出する係数推定処理と、前記送信局装

置が送信する前記第２データ信号または前記トレーニング信号を受信し、前記係数推定処理により算出した前記タップ係数を前記送信局装置に送信する受信局通信処理とを実行することを特徴とする。

[0009] 第４の発明は、送信局装置と単数または複数の受信局装置との間でシングルキャリアＭＩＭＯ伝送を行う無線通信システムにおける無線通信方法であって、前記送信局装置は、送信データを複数のストリームに分割した各々のストリームを変調して複数の第１データ信号を生成する変調処理と、既知のトレーニング信号を生成するトレーニング信号生成処理と、アンテナ間干渉およびシンボル間干渉を除去するタップ係数を用いて複数の前記第１データ信号の線形等化を行い、送信ビーム形成と等化処理とを同時に行った複数の第２データ信号を出力する線形等化処理と、前記受信局装置から受信する通信路インパルス応答に基づいて、前記タップ係数を算出する係数算出処理と、前記トレーニング信号または複数の前記第２データ信号を前記受信局装置に送信し、前記通信路インパルス応答を前記受信局装置から受信する送信局通信処理とを実行し、前記受信局装置は、前記送信局装置が送信した前記トレーニング信号から前記通信路インパルス応答を推定する推定処理と、前記送信局装置が送信する前記第２データ信号または前記トレーニング信号を受信し、前記推定処理により推定した前記通信路インパルス応答を前記送信局装置に送信する受信局通信処理とを実行することを特徴とする。

[0010] 第５の発明は、単数または複数の受信局装置との間でシングルキャリアＭＩＭＯ伝送を行う送信局装置において、送信データを複数のストリームに分割した各々のストリームを変調して複数の第１データ信号を生成する複数の変調部と、既知のトレーニング信号を生成するトレーニング信号生成部と、アンテナ間干渉およびシンボル間干渉を除去するタップ係数を用いて複数の前記第１データ信号の線形等化を行い、送信ビーム形成と等化処理とを同時に行った複数の第２データ信号を出力する線形等化部と、前記トレーニング信号または複数の前記第２データ信号を前記受信局装置に送信し、前記タップ係数を前記受信局装置から受信する複数の送信局通信部とを備えることを

特徴とする。

[0011] 第６の発明は、単数または複数の受信局装置との間でシングルキャリアＭＩＭＯ伝送を行う送信局装置において、送信データを複数のストリームに分割した各々のストリームを変調して複数の第１データ信号を生成する複数の変調部と、既知のトレーニング信号を生成するトレーニング信号生成部と、アンテナ間干渉およびシンボル間干渉を除去するタップ係数を用いて複数の前記第１データ信号の線形等化を行い、送信ビーム形成と等化処理とを同時に行った複数の第２データ信号を出力する線形等化部と、前記受信局装置から受信する通信路インパルス応答に基づいて、前記タップ係数を算出する係数算出部と、前記トレーニング信号または複数の前記第２データ信号を前記受信局装置に送信し、前記通信路インパルス応答を前記受信局装置から受信する複数の送信局通信部とを備えることを特徴とする。

[0012] 第７の発明は、送信局装置との間でシングルキャリアＭＩＭＯ伝送を行う受信局装置において、前記送信局装置が送信したトレーニング信号から通信路インパルス応答を推定し、前記通信路インパルス応答に基づいて、前記送信局装置の線形等化部で用いるタップ係数を算出する係数推定部と、前記送信局装置が送信するデータ信号または前記トレーニング信号を受信し、前記係数推定部が算出した前記タップ係数を前記送信局装置に送信する受信局通信部とを備えることを特徴とする。

[0013] 第８の発明は、送信局装置との間でシングルキャリアＭＩＭＯ伝送を行う受信局装置において、前記送信局装置が送信したトレーニング信号から前記通信路インパルス応答を推定する推定部と、前記送信局装置が送信するデータ信号または前記トレーニング信号を受信し、前記推定部が推定した前記通信路インパルス応答を前記送信局装置に送信する受信局通信部とを備えることを特徴とする。

発明の効果

[0014] 本発明に係る無線通信システム、無線通信方法、送信局装置および受信局装置は、シングルキャリアＭＩＭＯ伝送における処理遅延を抑制しつつ、送

信ビーム形成と等化処理とを両立してＩＡＩおよびＩＳＩを同時に除去することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本実施形態に係る無線通信システムの一例を示す図である。

[図2]本実施形態に係る送信局装置および受信局装置の一例を示す図である。

[図3]２×２のＭＩＭＯの場合の信号の流れを示す図である。

[図4]本実施形態に係る線形等化部の一例を示す図である。

[図5]本実施形態に係る無線通信システムの遅延時間の一例を示す図である。

[図6]比較例の無線通信システムを示す図である。

[図7]比較例の無線通信システムの遅延時間の一例を示す図である。

[図8]本実施形態に係る無線通信システムの処理例を示す図である。

[図9]他の実施形態に係る送信局装置および受信局装置の一例を示す図である。

[図10]他の実施形態に係る無線通信システムの処理例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、図面を参照して本発明に係る無線通信システム、無線通信方法、送信局装置および受信局装置の実施形態について説明する。

[0017] 図１は、本実施形態に係る無線通信システム１００の一例を示す。無線通信システム１００は、複数（Ｎｔ個：Ｎｔ≧２の整数）のアンテナＡＴｔ（１）からアンテナＡＴｔ（Ｎｔ）を有する送信局装置１０１と、複数（Ｎｒ個：Ｎｒ≧２の整数）のアンテナＡＴｒ（１）からアンテナＡＴｒ（Ｎｒ）を有する受信局装置１０２とを備える。ここで、本実施形態では、シングルユーザＭＩＭＯの無線通信システム１００において、単数の受信局装置１０２が複数のアンテナＡＴｒを備える場合について説明するが、マルチユーザＭＩＭＯの無線通信システムにおいて、複数の受信局装置が単数または複数のアンテナを備える場合についても同様に適用可能である。なお、以降の説明において、送信局装置１０１のアンテナＡＴｔ（１）からアンテナＡＴｔ（Ｎｔ）に共通の説明を行う場合は符号末尾の（番号）を省略してアンテナ

ＡＴｔと表記し、特定のアンテナを指す場合は符号末尾に（番号）を付加して例えばアンテナＡＴｔ（１）のように表記する。受信局装置１０２のアンテナＡＴｒ（１）からアンテナＡＴｒ（Ｎｒ）についても同様に表記する。

[0018] 本実施形態に係る無線通信システム１００は、送信局装置１０１と受信局装置１０２の間で複数のアンテナを用いた広帯域のシングルキャリアＭＩＭＯ方式による無線通信を行う。ここで、送信局装置１０１と受信局装置１０２の間では、マルチパスなど遅延時間が異なる複数の遅延波が存在し、周波数選択性のフェージングが生じる。このため、アンテナ間干渉（ＩＡＩ）と通信路特性によるシンボル間干渉（ＩＳＩ）とを抑制する必要がある。例えば、図１（ａ）に示すように、送信局装置１０１のＮｔ個のアンテナと、受信局装置１０２のＮｒ個のアンテナとの間で空間的な広がりによるアンテナ間干渉（ＩＡＩ）が生じる。図１（ａ）の例では、アンテナＡＴｔ(１)とアンテナＡＴｒ(１)との間にはh_{11}、アンテナＡＴｔ(１)とアンテナＡＴｒ(Ｎｒ)との間にはh_{Nr1}、アンテナＡＴｔ(Ｎｔ)とアンテナＡＴｒ(１)との間にはh_{1Nt}、アンテナＡＴｔ(Ｎｔ)とアンテナＡＴｒ(Ｎｒ)との間にはh_{NrNt}を要素とするＩＡＩが生じる。また、図１（ｂ）に示すように、送信局装置１０１と受信局装置１０２のそれぞれのアンテナ間で送受信される信号には、時間的な広がりによるシンボル間干渉（ＩＳＩ）が生じる。図１（ｂ）の例では、アンテナＡＴｔ(ｎｔ)とアンテナＡＴｒ(ｎｒ)との間で送受信される信号には$h_{nrnt,l}$を要素とする時間ｌ方向にＩＳＩが生じる。そこで、本実施形態に係る無線通信システム１００は、処理遅延を抑制しつつ、アンテナ間干渉（ＩＡＩ）を等化する処理と、通信路特性によるシンボル間干渉（ＩＳＩ）を等化する処理とを同時に行う機能を備えている。

[0019] 図２は、本実施形態に係る送信局装置１０１および受信局装置１０２の一例を示す。図２において、送信局装置１０１は、情報ビット生成部２０１、データ信号変調部２０２、トレーニング信号生成部２０３、線形等化部２０４、送信信号変換部２０５、受信信号変換部２０６およびアンテナＡＴｔ(１)からアンテナＡＴｔ(Ｎｔ)のＮｔ個のアンテナを有する。また、図２におい

て、受信局装置１０２は、アンテナＡＴｒ(１)からアンテナＡＴｒ(Ｎｒ)のＮｒ個のアンテナ、受信信号変換部３０１、係数推定部３０２、データ信号復調部３０３、情報ビット検出部３０４および送信信号変換部３０５を有する。

[0020] 先ず、送信局装置１０１の構成について説明する。

[0021] 情報ビット生成部２０１は、受信局装置１０２へ送信するデータ情報ビットを生成する。データ情報ビットは、例えば外部(不図示)から入力するデータ信号、内部で生成するデータ信号などに対応するビット列である。なお、情報ビット生成部２０１は、所定の符号化率で誤り訂正符号を生成する誤り訂正符号化機能やインターリーブ機能などを有してもよい。

[0022] データ信号変調部２０２は、情報ビット生成部２０１が出力するビット列を所定の変調方式（例えば直交振幅変調（ＱＡＭ：Ｑｕａｄｒａｔｕｒｅ Ａｍｐｌｉｔｕｄｅ Ｍｏｄｕｌａｔｉｏｎ）など）で変調したデータ信号Ｓ（ｎ）を出力する。なお、本実施形態では、情報ビット生成部２０１が出力するビット列をアンテナＡＴｔの数に応じて複数のストリームに分割し、各々のストリーム毎に変調したデータ信号Ｓ（ｎ）を出力するので、各ストリーム毎にデータ信号変調部２０２を有する。

[0023] トレーニング信号生成部２０３は、通信路インパルス応答（ＣＩＲ）を推定するためのトレーニング信号を生成する。トレーニング信号は、信号検出用のプリアンブルなどの予め決められた情報（例えば”０１”の交互パターン等の特定パターン）をＰＳＫ（Ｐｈａｓｅ Ｓｈｉｆｔ Ｋｅｙｉｎｇ）など干渉を受けにくい変調方式で変調した所定の信号であり、受信局装置１０２でＣＩＲを推定するために用いられる。なお、送信局装置１０１が送信するトレーニング信号の情報は、予め受信局装置１０２との間で既知である。

[0024] 線形等化部２０４は、データ信号変調部２０２が出力するデータ信号を保持し、一定時間毎にシフトする遅延タップを有し、各遅延タップの信号に所定のタップ係数を乗算した信号の和を出力するトランスバーサル型のフィル

タである。ここで、タップ係数は、受信局装置１０２が推定したＣＩＲに基づいて算出したＩＡＩおよびＩＳＩを除去するための係数である。線形等化部２０４は、ＩＡＩおよびＩＳＩを除去するための線形等化処理を行い、送信ビーム形成と等化処理とを同時に行う。なお、線形等化部２０４は、トレーニング信号生成部２０３が出力するトレーニング信号については、線形等化処理を行わずにそのまま出力する。

[0025] 送信信号変換部２０５は、線形等化部２０４が出力するデータ信号またはトレーニング信号をアンテナＡＴｔから送出するための高周波の送信信号に周波数変換する。例えば、送信信号変換部２０５は、２０ＭＨｚ帯域のデータ信号またはトレーニング信号を５ＧＨｚ帯の高周波信号にアップコンバートして、アンテナＡＴｔから送出する。ここで、複数のストリームに分割された各々のストリームは、それぞれ高周波信号に変換され、アンテナＡＴｔ(１)からアンテナＡＴｔ(Ｎｔ)のそれぞれから送出される。

[0026] 受信信号変換部２０６は、アンテナＡＴｔ(１)からアンテナＡＴｔ(Ｎｔ)のそれぞれのアンテナにより受信された高周波の受信信号を低周波のベースバンド信号に周波数変換する。例えば、受信信号変換部２０６は、５ＧＨｚ帯の高周波信号をダウンコンバートして２０ＭＨｚ帯域のベースバンド信号を出力する。ここで、本実施形態では、受信信号変換部２０６は、受信局装置１０２からタップ係数やＣＩＲなどの情報を含む受信信号を受け取り、ベースバンド信号に変換して線形等化部２０４に出力する。なお、ベースバンド信号からタップ係数などの情報を復調する復調部の機能は、受信信号変換部２０６が有してもよいし、線形等化部２０４が有してもよい。

[0027] このようにして、送信局装置１０１は、ＩＡＩおよびＩＳＩを同時に除去した送信信号を受信局装置１０２へ送信することができる。

[0028] 次に、図２に示す受信局装置１０２の構成について説明する。

[0029] アンテナＡＴｒは、図１で説明したように、アンテナＡＴｒ（１）からアンテナＡＴｒ（N_r）のＮｒ個の送受信用のアンテナを有し、後述する送信信号変換部３０５が出力する高周波信号を電磁波として空間に放射する。或い

は、アンテナＡＴｒは、送信局装置１０１から送信された空間上の電磁波を高周波信号に変換する。

[0030] 受信信号変換部３０１は、送信局装置１０１の受信信号変換部２０６と同様に、アンテナＡＴｒが受信する高周波信号をベースバンド信号に周波数変換する。ここで、受信信号変換部３０１は、送信局装置１０１から受信するトレーニング信号を係数推定部３０２へ出力し、送信局装置１０１から受信するデータ信号Ｓ＾（ｎ）をデータ信号復調部３０３へ出力する。ここで、受信信号変換部３０１は、アンテナＡＴｒ(１)からアンテナＡＴｒ(Ｎｒ)のそれぞれから受信される高周波信号をベースバンド信号に周波数変換する。

[0031] 係数推定部３０２は、送信局装置１０１から送信されるトレーニング信号からＣＩＲを推定し、送信局装置１０１の線形等化部２０４でＩＡＩおよびＩＳＩを同時に除去する送信ビーム形成と等化処理を行うためのタップ係数を算出する。なお、係数推定部３０２は、トレーニング信号ではなく、データ信号から誤差信号を算出して適応制御する機構を備えてもよい。また、係数推定部３０２は、送信局装置１０１側に備えてもよい。この場合、係数推定部３０２は、ＣＩＲを推定する処理を行い、推定したＣＩＲの情報を送信局装置１０１側に送信し、送信局装置１０１側でタップ係数を決定する。

[0032] データ信号復調部３０３は、受信信号変換部３０１が出力するデータ信号Ｓ＾（ｎ）を情報ビットに復調し、ビット列を出力する。なお、受信信号変換部３０１は、アンテナＡＴｒの数に応じて複数のストリームのデータ信号Ｓ＾（ｎ）を出力し、データ信号復調部３０３は、ストリーム毎のデータ信号Ｓ＾（ｎ）を復調する。そして、データ信号復調部３０３は、送信局装置１０１側で複数のストリームに分割されたビット列を結合したビット列を情報ビット検出部３０４に出力する。なお、データ信号復調部３０６は、送信局装置１０１側の機能に応じて、誤り訂正復号機能やデインターリーブ機能を備えてもよい。

[0033] 情報ビット検出部３０４は、データ信号復調部３０３が出力するビット列をデジタルデータに変換した受信データを出力する。なお、誤り訂正復号機

能やデインターリーブ機能を情報ビット検出部３０４側で行ってもよい。

[0034] 送信信号変換部３０５は、送信局装置１０１の送信信号変換部２０５と同様に、係数推定部３０２が出力する情報を高周波信号に変換してアンテナＡＴｔから送出する。例えば、本実施形態では、係数推定部３０２が推定したＣＩＲの情報やタップ係数の情報などをアンテナＡＴｔから送信局装置１０１側に送信する。なお、タップ係数の情報をベースバンド信号に変調する変調部の機能は、送信信号変換部３０５が有してもよいし、係数推定部３０２が有してもよい。

[0035] このようにして、受信局装置１０２は、送信局装置１０１が送信するトレーニング信号からＣＩＲを推定し、推定されたＣＩＲからＩＡＩおよびＩＳＩを同時に除去するためのタップ係数を算出して、送信局装置１０１に通知することができる。これにより、無線通信システム１００は、シングルキャリアＭＩＭＯ伝送における処理遅延を抑制しつつ、送信ビーム形成と等化処理とを両立してＩＡＩおよびＩＳＩを同時に除去することができる。

[0036] 図３は、２×２のＭＩＭＯの場合の信号の流れを示す。図３において、送信局装置１０１側では、データ信号変調部２０２が出力する送信信号をＳ（ｎ）として、２つのストリームの送信信号$S_1(n)$および送信信号$S_2(n)$が送信される。

[0037] 線形等化部２０４は、ＩＡＩおよびＩＳＩを同時に除去するためのタップ係数$W(z)$を送信信号$S(n)$に乗算する。ここで、線形等化部２０４は、４つの線形等化器２５０－１１、線形等化器２５０－１２、線形等化器２５０－２１および線形等化器２５０－２２を有する。線形等化器２５０－１１では、送信信号$S_1(n)$にタップ係数$W_{11,n}(z)$、線形等化器２５０－１２では、送信信号$S_2(n)$にタップ係数$W_{12,n}(z)$、線形等化器２５０－２１では、送信信号$S_1(n)$にタップ係数$W_{21,n}(z)$、線形等化器２５０－２２では、送信信号$S_2(n)$にタップ係数$W_{22,n}(z)$、をそれぞれ乗算する。ここで、タップ係数$W_{11,n}(z)$、タップ係数$W_{12,n}(z)$、タップ係数$W_{21,n}(z)$およびタップ係数$W_{22,n}(z)$は、時間軸方向に設ける遅延タップの数＋１個の係数

を有する。そして、タップ係数$W_{11,n}(z)$が乗算された信号と、タップ係数$W_{12,n}(z)$が乗算された信号とが加算された信号がアンテナＡＴｔ(１)から送出される。同様に、タップ係数$W_{21,n}(z)$が乗算された信号と、タップ係数$W_{22,n}(z)$が乗算された信号とが加算された信号がアンテナＡＴｔ(２)から送出される。

[0038] アンテナＡＴｔ(１)およびアンテナＡＴｔ（２）から送出された無線信号は、受信局装置１０２のアンテナＡＴｒ(１)およびアンテナＡＴｒ(２)で受信される。ここで、無線信号は、アンテナＡＴｔ(１)およびアンテナＡＴｔ(２)とアンテナＡＴｒ(１)およびアンテナＡＴｒ(２)との間の通信路において、周波数選択性のフェージングなどの影響を受ける。

[0039] 受信局装置１０２側では、アンテナＡＴｒ(１)およびアンテナＡＴｒ(２)で受信された信号に受信回路などによる付加雑音Ｎ(ｎ)が付加された受信信号Ｓ^(ｎ)が得られる。図３の例では、アンテナＡＴｒ(１)で受信された信号に付加雑音$n_1(n)$、アンテナＡＴｒ(２)で受信された信号に付加雑音$n_2(n)$、がそれぞれ付加され、受信信号$S_1\hat{}(n)$および受信信号$S_2\hat{}(n)$がそれぞれ得られる。

[0040] ここで、通信路インパルス応答（ＣＩＲ）をＨ(ｚ)、タップ係数をＷ（ｚ）、付加雑音をＮ(ｎ)として、送信信号Ｓ(ｎ)と受信信号Ｓ^(ｎ)の関係は、下式で表すことができる。

[0041] [数1]

$$\hat{\boldsymbol{S}}(n) = \boldsymbol{H}(z)\boldsymbol{W}(z)\boldsymbol{S}(n) + \boldsymbol{N}(n) \quad \cdots (1)$$

[0042] 式（１）において、通信路インパルス応答Ｈ(ｚ)は、下式で表される。

[0043] [数2]

$$\boldsymbol{H}(z) = \begin{bmatrix} h_{11}(z) & \cdots & h_{12}(z) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{21}(z) & \cdots & h_{22}(z) \end{bmatrix} \quad \cdots (2)$$

[0044]

[数3]

$$\text{ここで、}\ h_{ij}(z)=\sum_{l=0}^{L-1}h_{ij,l}z^{-l} \quad \cdots(3)$$

（Lは、遅延波の数）

[0045] また、式（１）において、タップ係数W(ｚ)は、下式で表される。

[0046] [数4]

$$\boldsymbol{W}(z)=\begin{bmatrix} w_{11}(z) & \cdots & w_{12}(z) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{21}(z) & \cdots & w_{22}(z) \end{bmatrix} \quad \cdots(4)$$

[0047] [数5]

$$\text{ここで、}\ w_{ij}(z)=\sum_{n=0}^{N}w_{ij,n}z^{-n} \quad \cdots(5)$$

（Nは、遅延タップの数）

[0048] 次に、ＺＦ（Ｚｅｒｏ　Ｆｏｒｃｉｎｇ）規範の場合の線形等化部２０４におけるタップ係数W(ｚ)の一例について説明する。なお、下式の導出方法については後述する。

[0049] [数6]

$$\boldsymbol{W}(z)=\frac{\boldsymbol{H}^{-1}(z)}{\|\boldsymbol{H}^{-1}(z)\|_F} \quad \cdots(6)$$

ここで、$\|\ \ \|_F$ はフロベニウスノルムである。

[0050] 図３で説明した２×２のＭＩＭＯの場合、通信路インパルス応答Ｈ(ｚ)は、次式で表すことができる。

[0051] [数7]

$$\boldsymbol{H}(z)=\begin{bmatrix} h_{11}(z) & h_{12}(z) \\ h_{21}(z) & h_{22}(z) \end{bmatrix} \quad \cdots(7)$$

[0052] また、通信路インパルス応答Ｈ(ｚ)の逆行列は、次式で表すことができる。

[0053] [数8]

$$\boldsymbol{H}^{-1}(z)=\frac{1}{h_{11}(z)h_{22}(z)-h_{12}(z)h_{21}(z)}\begin{bmatrix}h_{22}(z) & -h_{12}(z)\\ -h_{21}(z) & h_{11}(z)\end{bmatrix} \quad \cdots (8)$$

[0054] 同様に、Ｎｒ×ＮｔのＭＩＭＯの場合（Ｎｒ≦Ｎｔ）、通信路インパルス応答Ｈ(ｚ)は、次式で表すことができる。

[0055] [数9]

$$\boldsymbol{H}(z)=\sum_{l=0}^{L-1} z^{-l}\boldsymbol{H}_l \quad \cdots (9)$$

[0056] ここで、H_lは、遅延波の数に応じて次式で表される。

[0057] [数10]

$$\boldsymbol{H}_l=\begin{bmatrix}h_{11,l} & \cdots & h_{1N_t,l}\\ \vdots & \ddots & \vdots\\ h_{N_r1,l} & \cdots & h_{N_rN_t,l}\end{bmatrix} \quad \cdots (10)$$

[0058] また、通信路インパルス応答Ｈ(ｚ)の逆行列は、次式で表すことができる。

[0059] [数11]

$$\boldsymbol{H}^{-1}(z)\approx\boldsymbol{H}^{+}(z)=\sum_{l=0}^{L-1} z^{-l}\boldsymbol{H}_l{}^{H}(\boldsymbol{H}_l\boldsymbol{H}_l{}^{H})^{-1} \quad \cdots (11)$$

[0060] 次に、線形等化部２０４におけるタップ係数Ｗの導出方法について説明する。

[0061] 先に説明した図３において、ＺＦ規範のウェイト演算を行うと、付加雑音Ｎ（ｎ）を無視するため、受信信号Ｓ＾は、次式のようになる。

[0062]

[数12]

$$\hat{\boldsymbol{S}} \approx \boldsymbol{HWS} \approx \boldsymbol{S} \quad \cdots (12)$$

[0063] ここで、タップ係数Wは、次式で表すことができる。

[0064] [数13]

$$\boldsymbol{W} = \boldsymbol{H}^{-1} \approx \boldsymbol{H}^{+} = \boldsymbol{H}^{H}(\boldsymbol{H}\boldsymbol{H}^{H})^{-1} \quad \cdots (13)$$

[0065] （H^{+}は疑似逆行列、H^{H}はエルミート転置行列）

このとき、送信局装置１０１から送信される無線信号S_{RF}は、次式のようになる。

[0066] [数14]

$$\boldsymbol{S_{RF}} = \boldsymbol{WS} \quad \cdots (14)$$

[0067] ここで、送信電力を一定にするために、タップ係数Wを正規化したW_{norm}は、次式で表すことができる。

[0068] [数15]

$$\boldsymbol{W}_{\mathrm{norm}} = \frac{\boldsymbol{H}^{-1}}{\|\boldsymbol{H}^{-1}\|_{F}} \quad \cdots (15)$$

[0069] このようにして、本実施形態に係る無線通信システム１００は、アンテナ間干渉およびシンボル間干渉を同時に除去するために線形等化部２０４に設定すべきタップ係数W(ｚ)を算出することができる。

[0070] 図４は、本実施形態に係る線形等化部２０４の一例を示す。なお、図４に示す線形等化部２０４は、図３で説明した２×２のＭＩＭＯに対応する。図４において、線形等化器２５０－１１は、Ｎ個（Ｎは正の整数）の遅延タップZ^{-1}を有し、遅延タップZ^{-1}を通る度に予め決められた所定の時間Ｔｄ（例えばシンボル間隔）だけ遅延する。そして、入力される送信信号S_1(ｎ)と各遅延タップZ^{-1}の出力信号とにそれぞれタップ係数$w_{11,0}$(ｚ)からタップ係数$w_{11,N}$(ｚ)が乗算され、乗算後の各値の和が線形等化器２５０－１１から

出力される。同様に、線形等化器２５０－１２は、入力される送信信号S_2(ｎ)と各遅延タップZ^{-1}の出力信号とにそれぞれタップ係数$w_{12,0}$(ｚ)からタップ係数$w_{12,N}$(ｚ)が乗算され、乗算後の各値の和が線形等化器２５０－１２から出力される。そして、線形等化器２５０－１１の出力信号と線形等化器２５０－１２の出力信号とが加算されてアンテナＡＴｔ(１)から送信される。なお、図４では、図１で説明した線形等化部２０４とアンテナＡＴｔ(１)との間の送信信号変換部２０５のブロックは省略されている。

[0071] 同様に、図４において、線形等化器２５０－２１は、Ｎ個の遅延タップZ^{-1}を有し、遅延タップZ^{-1}を通る度に予め決められた所定の時間Ｔｄだけ遅延する。そして、入力される送信信号S_1(ｎ)と各遅延タップZ^{-1}の出力信号とにそれぞれタップ係数$w_{21,0}$(ｚ)からタップ係数$w_{21,N}$(ｚ)が乗算され、乗算後の各値の和が線形等化器２５０－２１から出力される。同様に、線形等化器２５０－２２は、入力される送信信号S_2(ｎ)と各遅延タップZ^{-1}の出力信号とにそれぞれタップ係数$w_{22,0}$(ｚ)からタップ係数$w_{22,N}$(ｚ)が乗算され、乗算後の各値の和が線形等化器２５０－２２から出力される。そして、線形等化器２５０－２１の出力信号と線形等化器２５０－２２の出力信号とが加算されてアンテナＡＴｔ(２)から送信される。なお、図４では、図１で説明した送信信号変換部２０５のブロックは省略されている。

[0072] このようにして、線形等化部２０４は、送信信号S_1(ｎ)および送信信号S_2(ｎ)に対して、タップ係数W(ｚ)を用いた線形等化処理を行うので、ＩＡＩとＩＳＩとを同時に除去することができる。ここで、処理に伴う遅延時間は、（遅延タップの間隔）×（遅延タップの数）となる。なお、遅延タップの数Ｎは、Ｎ個の遅延タップによる遅延時間（Ｎ×Ｔｄ）と通信路における最大の遅延時間Ｔｄｍａｘとが、Ｔｄｍａｘ≦（Ｎ×Ｔｄ）の式を満たすように設定するのが望ましい。ここで、通信路における最大の遅延時間Ｔｄｍａｘは、例えばブロック単位で処理する従来技術で各ブロックに付加するＣＰの時間長に相当する。つまり、本実施形態に係る無線通信システム１００では、従来のＣＰの時間長程度の処理遅延だけで、アンテナ間干渉とシンボル

間干渉とを除去することができる。

[0073] 図５は、本実施形態に係る無線通信システム１００の遅延時間の一例を示す。図５において、線形等化部２０４は、図４で説明した線形等化器２５０－１１から線形等化器２５０－２２の４つの線形等化器のいずれかに対応し、入力される送信信号$S_1(n)$と各遅延タップZ^{-1}の出力信号とに対してＮ個のタップ係数（$w_0(z)$から$w_N(z)$）がそれぞれ乗算され、乗算後の各値の和が線形等化部２０４から出力される。ここで、１タップの遅延時間をＴｄ、タップ数をＮとすると、線形等化部２０４に入力される送信信号$S_1(n)$は、１タップ毎に遅延タップZ^{-1}に保持されながら時間軸方向にバケツリレー方式でＴｄ時間毎に転送される。例えば送信信号$S_1(n)$の１タップ前の信号は$S_1(n-1)$、Ｎタップ前の信号は$S_1(n-N)$となる。従って、線形等化部２０４に入力される送信信号$S_1(n)$がＮ個の遅延タップZ^{-1}を通り抜けて線形等化部２０４から出力されるまでの遅延時間は（Ｔｄ×Ｎ）となる。

[0074] 図６は、比較例の無線通信システム９００を示す。無線通信システム９００は、送信局装置９０１および受信局装置９０２を有する。ここで、図６に示した無線通信システム９００は、２×２のＭＩＭＯの例を示し、送信信号$S_1(n)$および送信信号$S_2(n)$の２つのストリームを送信する。

[0075] 図６において、送信局装置９０１は、送信信号$S_1(n)$および送信信号$S_2(n)$に対してＩＡＩおよびＩＳＩを除去するための送信ビーム形成を行う送信ビーム形成部９１１と、送信ビーム形成部９１１が出力する信号をブロック化するためにＣＰを付加するＣＰ付加部９１２（１）およびＣＰ付加部９１２（２）を有する。そして、ＣＰ付加部９１２（１）でＣＰが付加された送信信号はアンテナＡＴｔ（１）から送信され、ＣＰ付加部９１２（２）でＣＰが付加された送信信号はアンテナＡＴｔ（２）から送信される。受信局装置９０２は、送信局装置９０１から送信される無線信号をアンテナＡＴｒ（１）およびアンテナＡＴｒ（２）で受信する。そして、アンテナＡＴｒ（１）で受信された信号はＣＰ除去部９２１（１）でＣＰが除去され、受信信号$\hat{S}_1(n)$が出力される。同様に、アンテナＡＴｒ（２）で受信された信号はＣＰ除去部９２１（２

）でＣＰが除去され、受信信号Ｓ＾$_2$（ｎ）が出力される。ここで、図６において、変調部、復調部、送信信号変換部および受信信号変換部などの各ブロックは省略されている。

[0076] 図７は、比較例の無線通信システム９００の遅延時間の一例を示す。図７において、図６で説明した送信信号Ｓ（ｎ）（送信信号Ｓ$_1$(ｎ)または送信信号Ｓ$_2$(ｎ)）と、送信ビーム形成部９１１の出力信号と、ＣＰ付加部９１２（ＣＰ付加部９１２(１)またはＣＰ付加部９１２(２)）の出力信号とが横軸を時間としてそれぞれ示されている。

[0077] 図７において、送信ビーム形成部９１１の送信信号Ｓ(ｎ)は、データブロック１、データブロック２のように、複数のシンボルデータがブロック単位で送信される。そして、送信ビーム形成部９１１は、ＩＡＩおよびＩＳＩを除去して送信ビーム形成を行う処理をデータブロック単位で行うので、送信ビーム形成部９１１の出力信号は、送信信号Ｓ(ｎ)よりも１ブロック分の時間だけ遅延する。さらに、ＣＰ付加部９１２は、データブロックの末尾の一部を先頭にコピーして付加する処理を行う。これにより、ＣＰ付加部９１２の出力信号は、送信ビーム形成部９１１の出力信号よりも１ブロック分の時間だけ遅延する。図７の例では、送信信号Ｓ(ｎ)のデータブロック１およびデータブロック２は、送信ビーム形成部９１１で１ブロック分遅延して出力され、さらに、ＣＰ付加部９１２で１ブロック分遅延して出力されている。

[0078] このように、比較例の無線通信システム９００では、ブロック単位でＩＡＩおよびＩＳＩを除去するために少なくとも２ブロック分の処理遅延が生じる。

[0079] これに対して、図５で説明した本実施形態に係る無線通信システム１００では、遅延タップ数分の遅延だけであり、例えば図７のＣＰの時間（ＣＰ１またはＣＰ２の時間）程度の処理遅延でＩＡＩおよびＩＳＩを除去することができる。

［無線通信システム１００の処理方法］

図８は、本実施形態に係る無線通信システム１００の処理例を示す。なお

、図８に示した処理は、図２に示した送信局装置１０１および受信局装置１０２の各部により実行される。

[0080] ステップＳ１０１：送信局装置１０１において、トレーニング信号生成部２０３は、ＣＩＲを推定するためのトレーニング信号を生成し、送信信号変換部２０５によりアンテナＡＴｔから送信される。

[0081] ステップＳ１０２：受信局装置１０２において、係数推定部３０２は、ステップＳ１０１で送信されたトレーニング信号を受信してＣＩＲを推定する。

[0082] ステップＳ１０３：受信局装置１０２において、係数推定部３０２は、ステップＳ１０２で推定されたＣＩＲに基づいてタップ係数を算出する。

[0083] ステップＳ１０４：受信局装置１０２は、ステップＳ１０３で算出されたタップ係数を送信局装置１０１へ送信する。

[0084] ステップＳ１０５：送信局装置１０１は、ステップＳ１０４で受信局装置１０２から送信されたタップ係数を受信する。

[0085] ステップＳ１０６：送信局装置１０１において、線形等化部２０４は、ステップＳ１０５で受信したタップ係数を線形等化部２０４に設定する。

[0086] ステップＳ１０７：送信局装置１０１において、線形等化部２０４は、ステップＳ１０６で設定したタップ係数を用いてＩＡＩおよびＩＳＩを除去したデータ信号の送信を開始する。

[0087] ステップＳ１０８：受信局装置１０２は、ＩＡＩおよびＩＳＩを除去したデータ信号の受信を開始する。

[0088] このようにして、受信局装置１０２は、送信局装置１０１が送信するトレーニング信号からＣＩＲを推定し、推定されたＣＩＲからＩＡＩおよびＩＳＩを同時に除去するためのタップ係数を決定して、送信局装置１０１に通知することができる。

［他の実施形態］

図９は、他の実施形態に係る送信局装置および受信局装置の一例を示す。図９において、本実施形態に係る無線通信システム１００ａは、送信局装置

１０１ａと、受信局装置１０２ａとを備える。ここで、図２で説明した無線通信システム１００と、図９に示す無線通信システム１００ａとの違いは、タップ係数を推定する処理を受信局装置１０２ａ側ではなく送信局装置１０１ａ側で行うことである。なお、図９において、図２と同符号にブロックは、図２と同様の処理を行う。図９において、送信局装置１０１ａは、受信信号変換部２０６と線形等化部２０４との間に係数算出部４０１を有する。また、受信局装置１０２ａは、図２の受信局装置１０２の係数推定部３０２の代わりにＣＩＲ推定部５０１を有する。

[0089] 図９において、受信局装置１０２ａのＣＩＲ推定部５０１は、送信局装置１０１ａから送信されるトレーニング信号を受信して、ＣＩＲを推定し、送信信号変換部３０５およびアンテナＡＴｒからＣＩＲの情報を送信する。

[0090] 一方、送信局装置１０１ａの係数算出部４０１は、受信局装置１０２ａから送信されたＣＩＲの情報を受信して、線形等化部２０４で用いるタップ係数を算出し、線形等化部２０４に設定する。

[0091] このようにして、本実施形態に係る無線通信システム１００ａは、先の実施形態に係る無線通信システム１００と同様に、送信局装置１０１が送信するトレーニング信号からＣＩＲを推定し、推定されたＣＩＲからＩＡＩおよびＩＳＩを同時に除去するためのタップ係数を決定することができる。これにより、無線通信システム１００ａは、シングルキャリアＭＩＭＯ伝送における処理遅延を抑制しつつ、送信ビーム形成と等化処理とを両立してＩＡＩおよびＩＳＩを同時に除去することができる。

［無線通信システム１００ａの処理方法］

図１０は、他の実施形態に係る無線通信システム１００ａの処理例を示す。なお、図１０に示した処理は、図９に示した送信局装置１０１および受信局装置１０２の各部により実行される。なお、図１０において、先の実施形態で説明した図８と同符号のステップは、図８と同様の処理を行う。

[0092] ステップＳ１０１およびステップＳ１０２は、図８の処理と同じ処理を行い、受信局装置１０２ａは、送信局装置１０１ａから送信されるトレーニン

グ信号を受信してＣＩＲを推定する。

[0093] ステップＳ２０１：受信局装置１０２ａは、ステップＳ１０１で推定されたＣＩＲを送信局装置１０１ａへ送信する。

[0094] ステップＳ２０２：送信局装置１０１ａは、ステップＳ２０１で受信局装置１０２ａから送信されたＣＩＲを受信する。

[0095] ステップＳ２０３：送信局装置１０１ａにおいて、係数算出部４０１は、ステップＳ２０２で受信したＣＩＲに基づいてタップ係数を算出する。

[0096] ステップＳ１０６からステップＳ１０８までは、図８の処理と同じ処理を行い、送信局装置１０１ａは、ステップＳ２０３で算出したタップ係数を線形等化部２０４に設定する。そして、送信局装置１０１ａは、ＩＡＩおよびＩＳＩを除去したデータ信号の送信を開始し、受信局装置１０２ａは、データ信号の受信を開始する。

[0097] このようにして、受信局装置１０２ａは、送信局装置１０１ａが送信するトレーニング信号からＣＩＲを推定し、送信局装置１０１ａは、推定されたＣＩＲからＩＡＩおよびＩＳＩを同時に除去するためのタップ係数を決定して、通信を行うことができる。

[0098] 以上、各実施形態で説明したように、本発明に係る無線通信システム、無線通信方法、送信局装置および受信局装置は、シングルキャリアＭＩＭＯ伝送における処理遅延を抑制しつつ、送信ビーム形成と等化処理とを両立してＩＡＩおよびＩＳＩを同時に除去することができる。

符号の説明

[0099] １００，１００ａ・・・無線通信システム；１０１，１０１ａ・・・送信局装置；１０２，１０２ａ・・・受信局装置；２０１・・・情報ビット生成部；２０２・・・データ信号変調部；２０３・・・トレーニング信号生成部；２０４・・・線形等化部；２０５・・・送信信号変換部；２０６・・・受信信号変換部；ＡＴｔ，ＡＴｒ・・・アンテナ；３０１・・・受信信号変換部；３０２・・・係数推定部；３０３・・・データ信号復調部；３０４・・・情報ビット検出部；３０５・・・送信信号変換部；４０１・・・係数算出部

；５０１・・・ＣＩＲ推定部

請求の範囲

[請求項1] 送信局装置と単数または複数の受信局装置との間でシングルキャリアＭＩＭＯ伝送を行う無線通信システムにおいて、

前記送信局装置は、

送信データを複数のストリームに分割した各々のストリームを変調して複数の第１データ信号を生成する複数の変調部と、

既知のトレーニング信号を生成するトレーニング信号生成部と、

アンテナ間干渉およびシンボル間干渉を除去するタップ係数を用いて複数の前記第１データ信号の線形等化を行い、送信ビーム形成と等化処理とを同時に行った複数の第２データ信号を出力する線形等化部と、

前記トレーニング信号または複数の前記第２データ信号を前記受信局装置に送信し、前記タップ係数を前記受信局装置から受信する複数の送信局通信部とを備え、

前記受信局装置は、

前記送信局装置が送信した前記トレーニング信号から通信路インパルス応答を推定し、前記通信路インパルス応答に基づいて、前記送信局装置の前記線形等化部で用いる前記タップ係数を算出する係数推定部と、

前記送信局装置が送信する前記第２データ信号または前記トレーニング信号を受信し、前記係数推定部が算出した前記タップ係数を前記送信局装置に送信する受信局通信部と

を備えることを特徴とする無線通信システム。

[請求項2] 送信局装置と単数または複数の受信局装置との間でシングルキャリアＭＩＭＯ伝送を行う無線通信システムにおいて、

前記送信局装置は、

送信データを複数のストリームに分割した各々のストリームを変調して複数の第１データ信号を生成する複数の変調部と、

既知のトレーニング信号を生成するトレーニング信号生成部と、

アンテナ間干渉およびシンボル間干渉を除去するタップ係数を用いて複数の前記第１データ信号の線形等化を行い、送信ビーム形成と等化処理とを同時に行った複数の第２データ信号を出力する線形等化部と、

前記受信局装置から受信する通信路インパルス応答に基づいて、前記タップ係数を算出する係数算出部と、

前記トレーニング信号または複数の前記第２データ信号を前記受信局装置に送信し、前記通信路インパルス応答を前記受信局装置から受信する複数の送信局通信部と

を備え、

前記受信局装置は、

前記送信局装置が送信した前記トレーニング信号から前記通信路インパルス応答を推定する推定部と、

前記送信局装置が送信する前記第２データ信号または前記トレーニング信号を受信し、前記推定部が推定した前記通信路インパルス応答を前記送信局装置に送信する受信局通信部と

を備えることを特徴とする無線通信システム。

[請求項3] 送信局装置と単数または複数の受信局装置との間でシングルキャリアＭＩＭＯ伝送を行う無線通信システムにおける無線通信方法であって、

前記送信局装置は、

送信データを複数のストリームに分割した各々のストリームを変調して複数の第１データ信号を生成する変調処理と、

既知のトレーニング信号を生成するトレーニング信号生成処理と、

アンテナ間干渉およびシンボル間干渉を除去するタップ係数を用いて複数の前記第１データ信号の線形等化を行い、送信ビーム形成と等化処理とを同時に行った複数の第２データ信号を出力する線形等化処

理と、

前記トレーニング信号または複数の前記第２データ信号を前記受信局装置に送信し、前記タップ係数を前記受信局装置から受信する送信局通信処理と

を実行し、

前記受信局装置は、

前記送信局装置が送信した前記トレーニング信号から通信路インパルス応答を推定し、前記通信路インパルス応答に基づいて、前記送信局装置の前記線形等化処理で用いる前記タップ係数を算出する係数推定処理と、

前記送信局装置が送信する前記第２データ信号または前記トレーニング信号を受信し、前記係数推定処理により算出した前記タップ係数を前記送信局装置に送信する受信局通信処理と

を実行することを特徴とする無線通信方法。

[請求項4] 送信局装置と単数または複数の受信局装置との間でシングルキャリアＭＩＭＯ伝送を行う無線通信システムにおける無線通信方法であって、

前記送信局装置は、

送信データを複数のストリームに分割した各々のストリームを変調して複数の第１データ信号を生成する変調処理と、

既知のトレーニング信号を生成するトレーニング信号生成処理と、

アンテナ間干渉およびシンボル間干渉を除去するタップ係数を用いて複数の前記第１データ信号の線形等化を行い、送信ビーム形成と等化処理とを同時に行った複数の第２データ信号を出力する線形等化処理と、

前記受信局装置から受信する通信路インパルス応答に基づいて、前記タップ係数を算出する係数算出処理と、

前記トレーニング信号または複数の前記第２データ信号を前記受信

局装置に送信し、前記通信路インパルス応答を前記受信局装置から受信する送信局通信処理と

を実行し、

前記受信局装置は、

前記送信局装置が送信した前記トレーニング信号から前記通信路インパルス応答を推定する推定処理と、

前記送信局装置が送信する前記第２データ信号または前記トレーニング信号を受信し、前記推定処理により推定した前記通信路インパルス応答を前記送信局装置に送信する受信局通信処理と

を実行することを特徴とする無線通信方法。

[請求項5] 単数または複数の受信局装置との間でシングルキャリアＭＩＭＯ伝送を行う送信局装置において、

送信データを複数のストリームに分割した各々のストリームを変調して複数の第１データ信号を生成する複数の変調部と、

既知のトレーニング信号を生成するトレーニング信号生成部と、

アンテナ間干渉およびシンボル間干渉を除去するタップ係数を用いて複数の前記第１データ信号の線形等化を行い、送信ビーム形成と等化処理とを同時に行った複数の第２データ信号を出力する線形等化部と、

前記トレーニング信号または複数の前記第２データ信号を前記受信局装置に送信し、前記タップ係数を前記受信局装置から受信する複数の送信局通信部と

を備えることを特徴とする送信局装置。

[請求項6] 単数または複数の受信局装置との間でシングルキャリアＭＩＭＯ伝送を行う送信局装置において、

送信データを複数のストリームに分割した各々のストリームを変調して複数の第１データ信号を生成する複数の変調部と、

既知のトレーニング信号を生成するトレーニング信号生成部と、

アンテナ間干渉およびシンボル間干渉を除去するタップ係数を用いて複数の前記第１データ信号の線形等化を行い、送信ビーム形成と等化処理とを同時に行った複数の第２データ信号を出力する線形等化部と、

前記受信局装置から受信する通信路インパルス応答に基づいて、前記タップ係数を算出する係数算出部と、

前記トレーニング信号または複数の前記第２データ信号を前記受信局装置に送信し、前記通信路インパルス応答を前記受信局装置から受信する複数の送信局通信部と

を備えることを特徴とする送信局装置。

[請求項7] 送信局装置との間でシングルキャリアＭＩＭＯ伝送を行う受信局装置において、

前記送信局装置が送信したトレーニング信号から通信路インパルス応答を推定し、前記通信路インパルス応答に基づいて、前記送信局装置の線形等化部で用いるタップ係数を算出する係数推定部と、

前記送信局装置が送信するデータ信号または前記トレーニング信号を受信し、前記係数推定部が算出した前記タップ係数を前記送信局装置に送信する受信局通信部と

を備えることを特徴とする受信局装置。

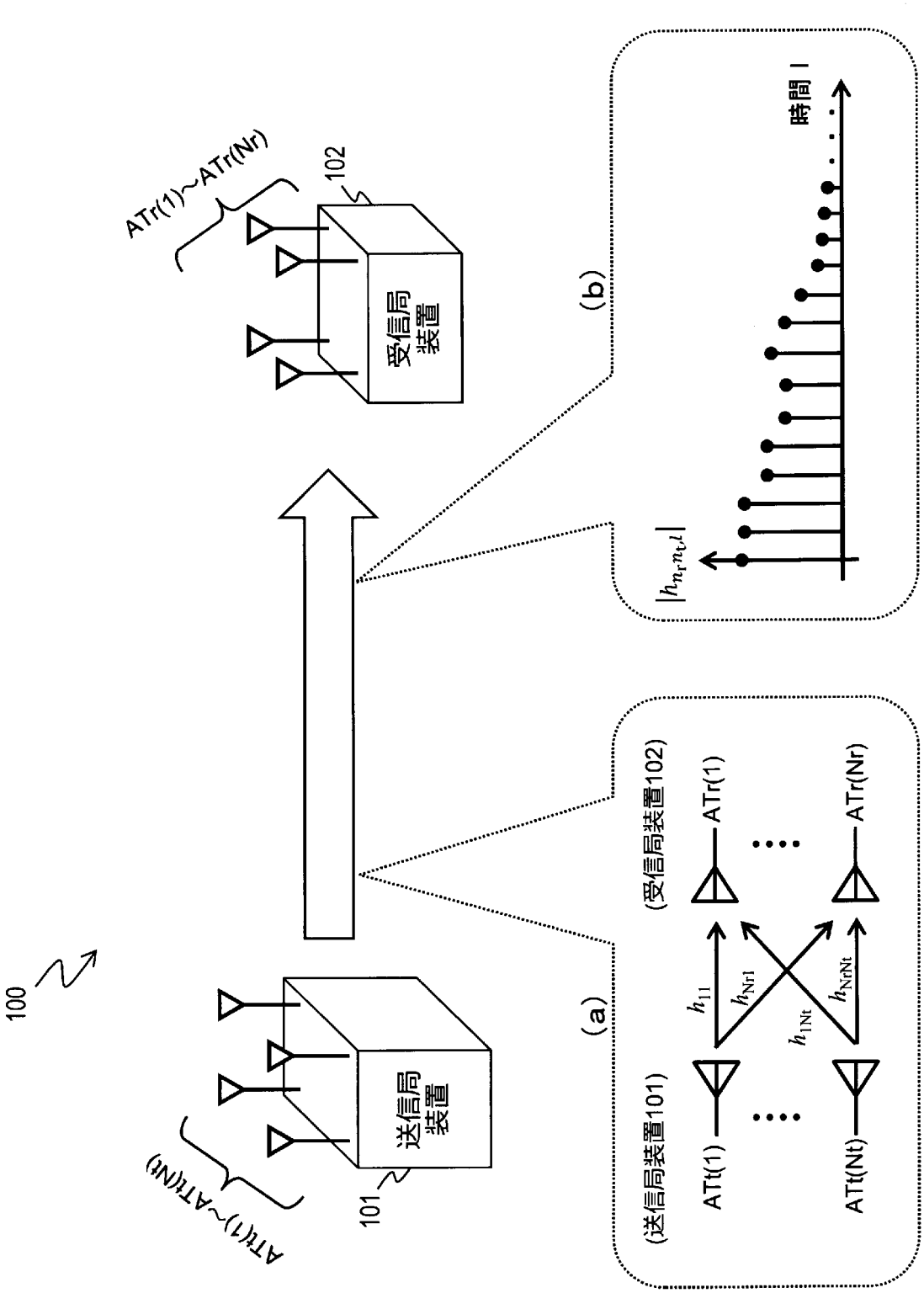
[請求項8] 送信局装置との間でシングルキャリアＭＩＭＯ伝送を行う受信局装置において、

前記送信局装置が送信したトレーニング信号から通信路インパルス応答を推定する推定部と、

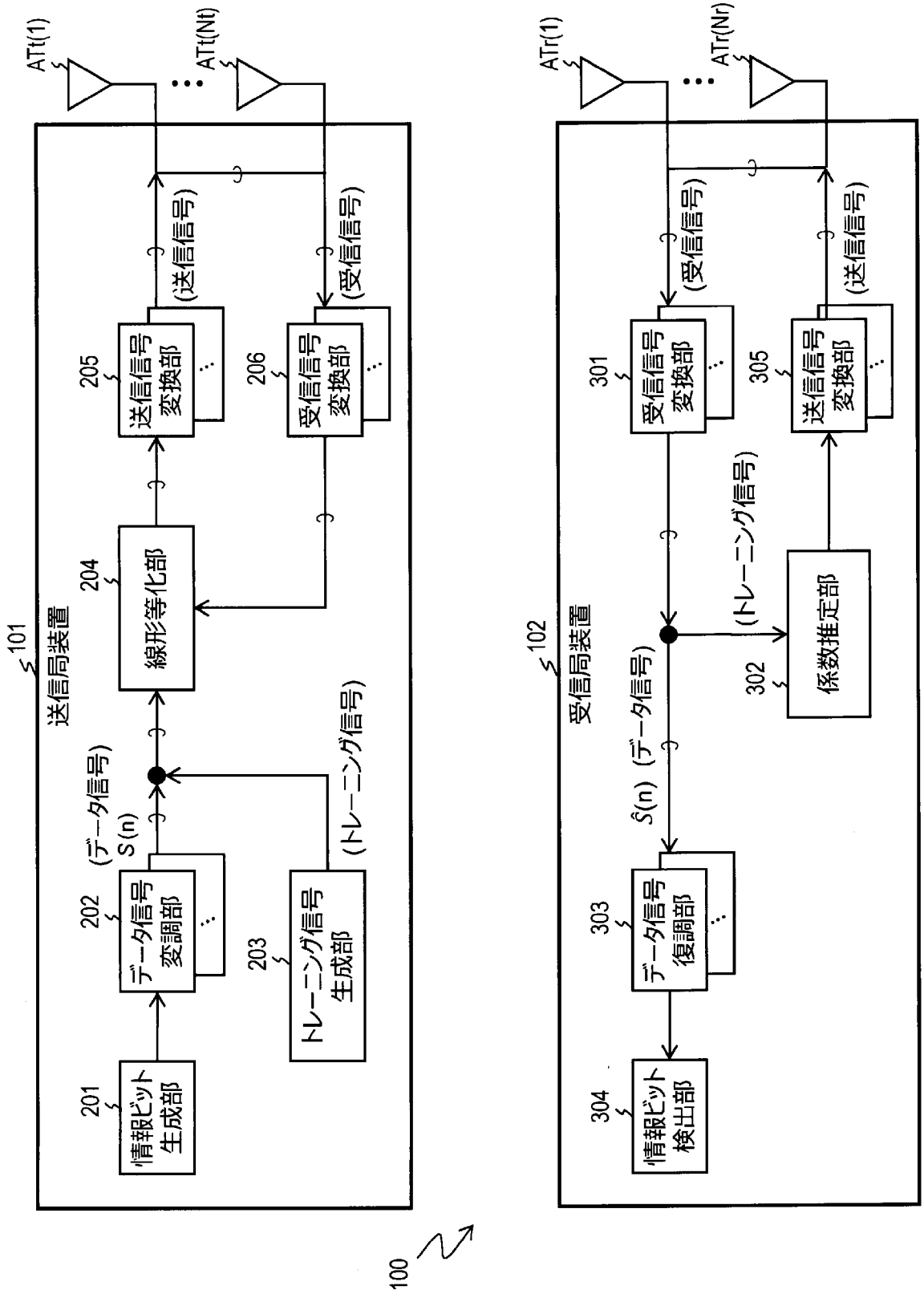
前記送信局装置が送信するデータ信号または前記トレーニング信号を受信し、前記推定部が推定した前記通信路インパルス応答を前記送信局装置に送信する受信局通信部と

を備えることを特徴とする受信局装置。

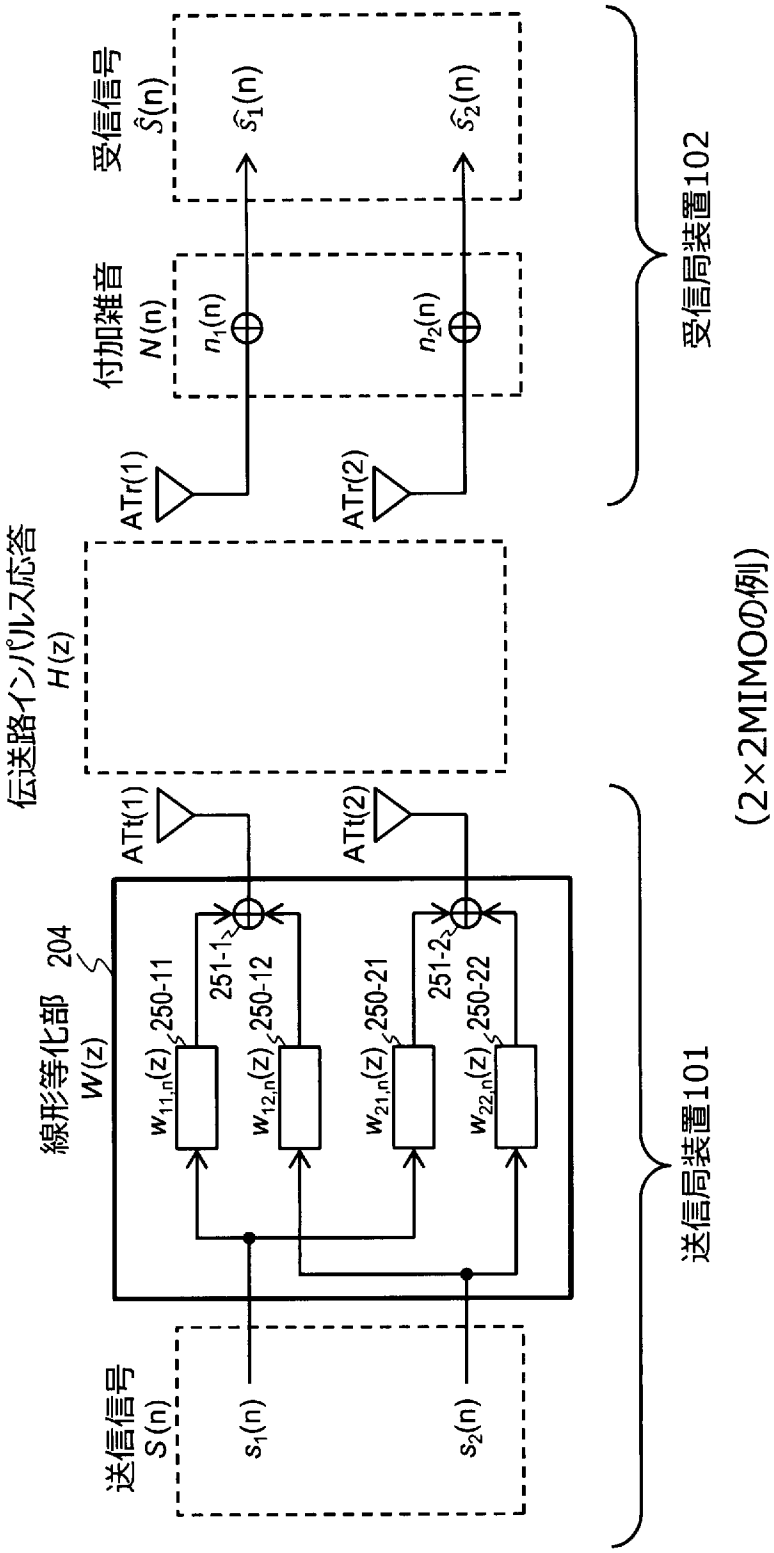
[図1]


100
送信局装置
101
ATt(1)~ATt(Nt)
受信局装置
102
ATr(1)~ATr(Nr)
(a)
(送信局装置101)
ATt(1)
ATt(Nt)
(受信局装置102)
ATr(1)
ATr(Nr)
h_{11}
h_{Nr1}
h_{1Nt}
h_{NrNt}
(b)
$|h_{n_r n_t,l}|$
時間 l

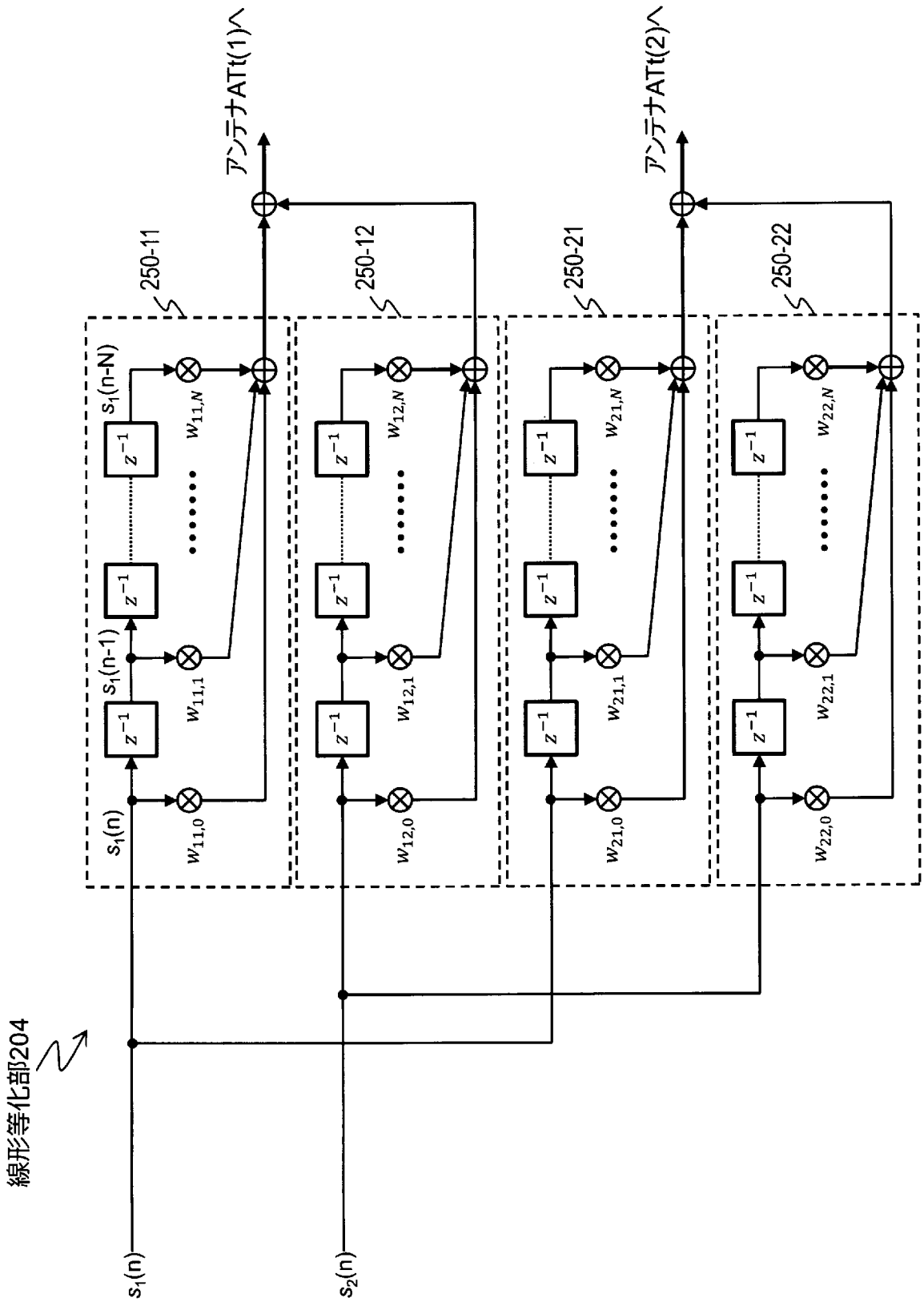
[図2]


100
101
送信局装置
ATt(1)
ATt(Nt)
201
情報ビット生成部
202
データ信号変調部
203
トレーニング信号生成部
204
線形等化部
205
送信信号変換部
206
受信信号変換部
S(n)
(データ信号)
(トレーニング信号)
(送信信号)
(受信信号)
102
受信局装置
ATr(1)
ATr(Nr)
301
受信信号変換部
302
係数推定部
303
データ信号復調部
304
情報ビット検出部
305
送信信号変換部
Ŝ(n)
(データ信号)
(トレーニング信号)
(受信信号)
(送信信号)

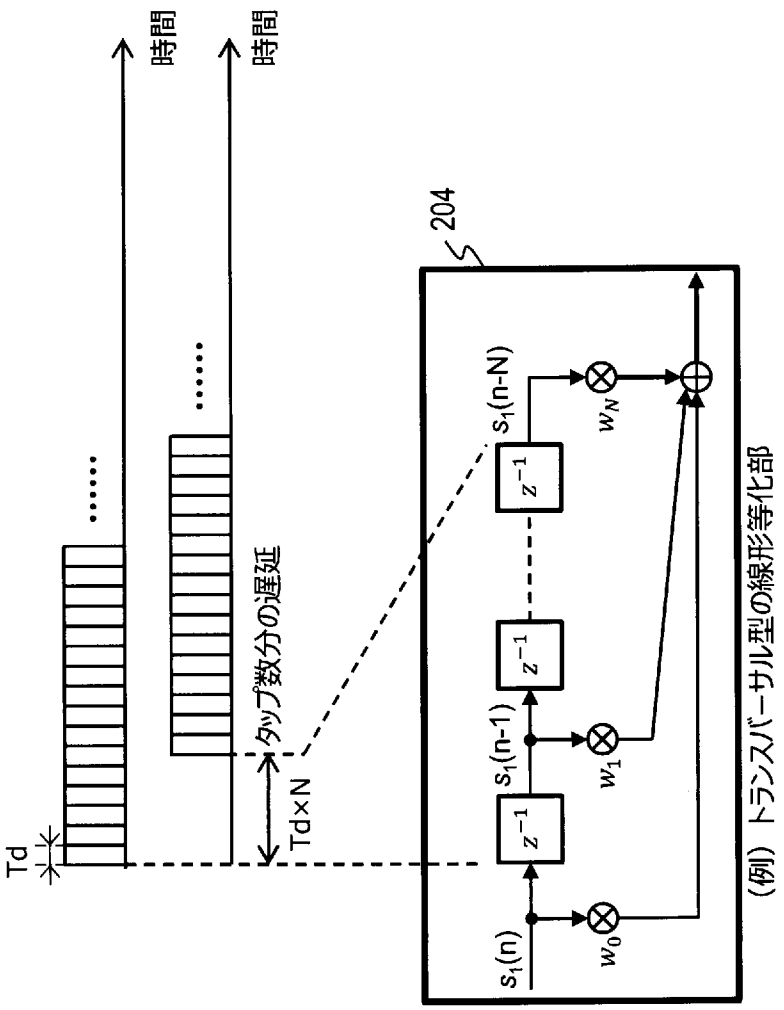
[図3]


送信局装置101
受信局装置102
(2×2MIMOの例)
送信信号
S(n)
$s_1(n)$
$s_2(n)$
線形等化部 204
W(z)
$w_{11,n}(z)$ 250-11
$w_{12,n}(z)$ 250-12
$w_{21,n}(z)$ 250-21
$w_{22,n}(z)$ 250-22
251-1
251-2
ATt(1)
ATt(2)
伝送路インパルス応答
H(z)
ATr(1)
ATr(2)
付加雑音
N(n)
$n_1(n)$
$n_2(n)$
受信信号
$\hat{S}(n)$
$\hat{s}_1(n)$
$\hat{s}_2(n)$

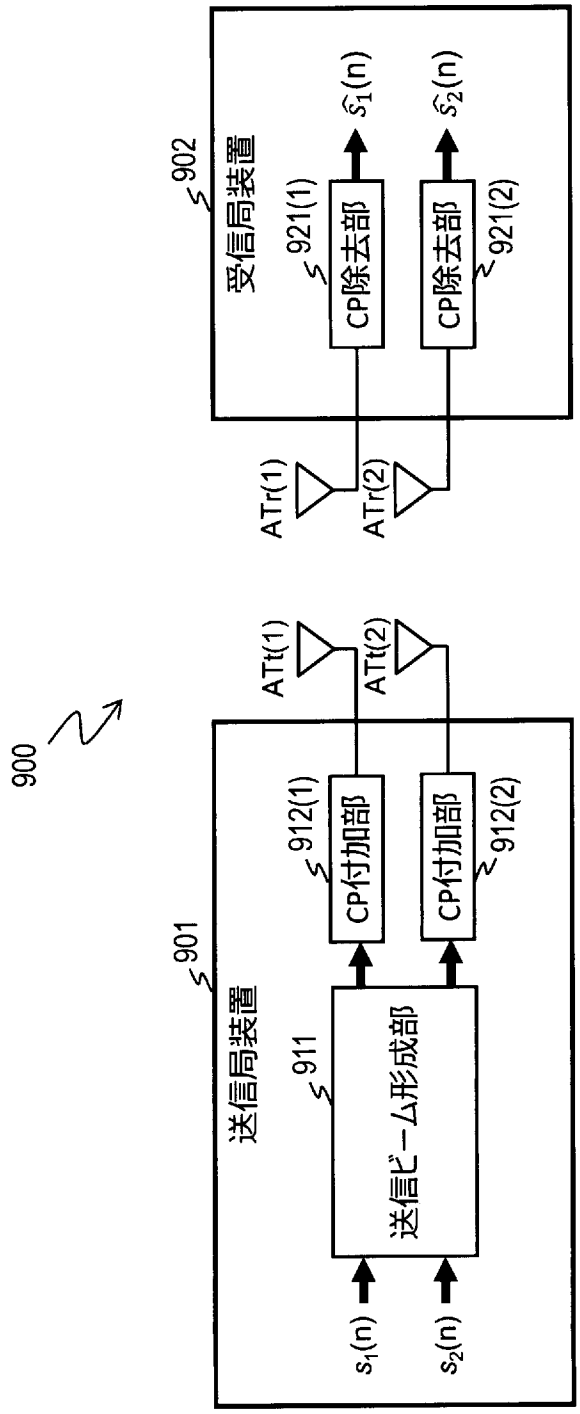
[図4]


アンテナATt(1)へ
アンテナATt(2)へ
250-11
250-12
250-21
250-22
$s_1(n-N)$
$s_1(n-1)$
$s_1(n)$
z^{-1}
$w_{11,N}$
$w_{11,1}$
$w_{11,0}$
$w_{12,N}$
$w_{12,1}$
$w_{12,0}$
$w_{21,N}$
$w_{21,1}$
$w_{21,0}$
$w_{22,N}$
$w_{22,1}$
$w_{22,0}$
線形等化部204
$s_1(n)$
$s_2(n)$

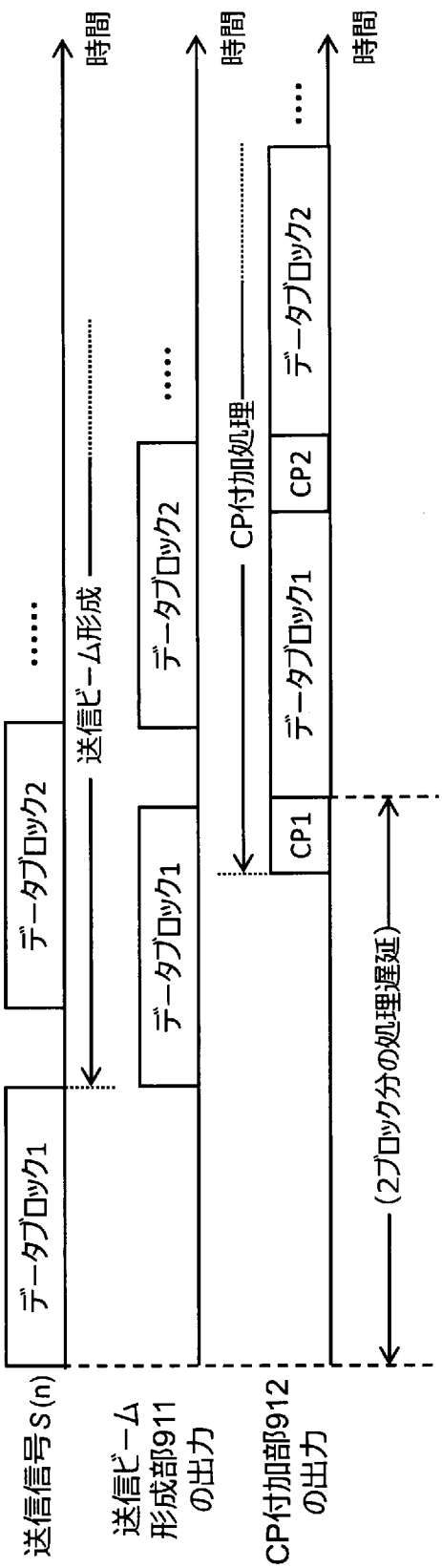
[図5]


時間
時間
Td
タップ数分の遅延
Td×N
204
$s_1(n)$
$s_1(n-1)$
$s_1(n-N)$
z^{-1}
w_0
w_1
w_N
(例) トランスバーサル型の線形等化部

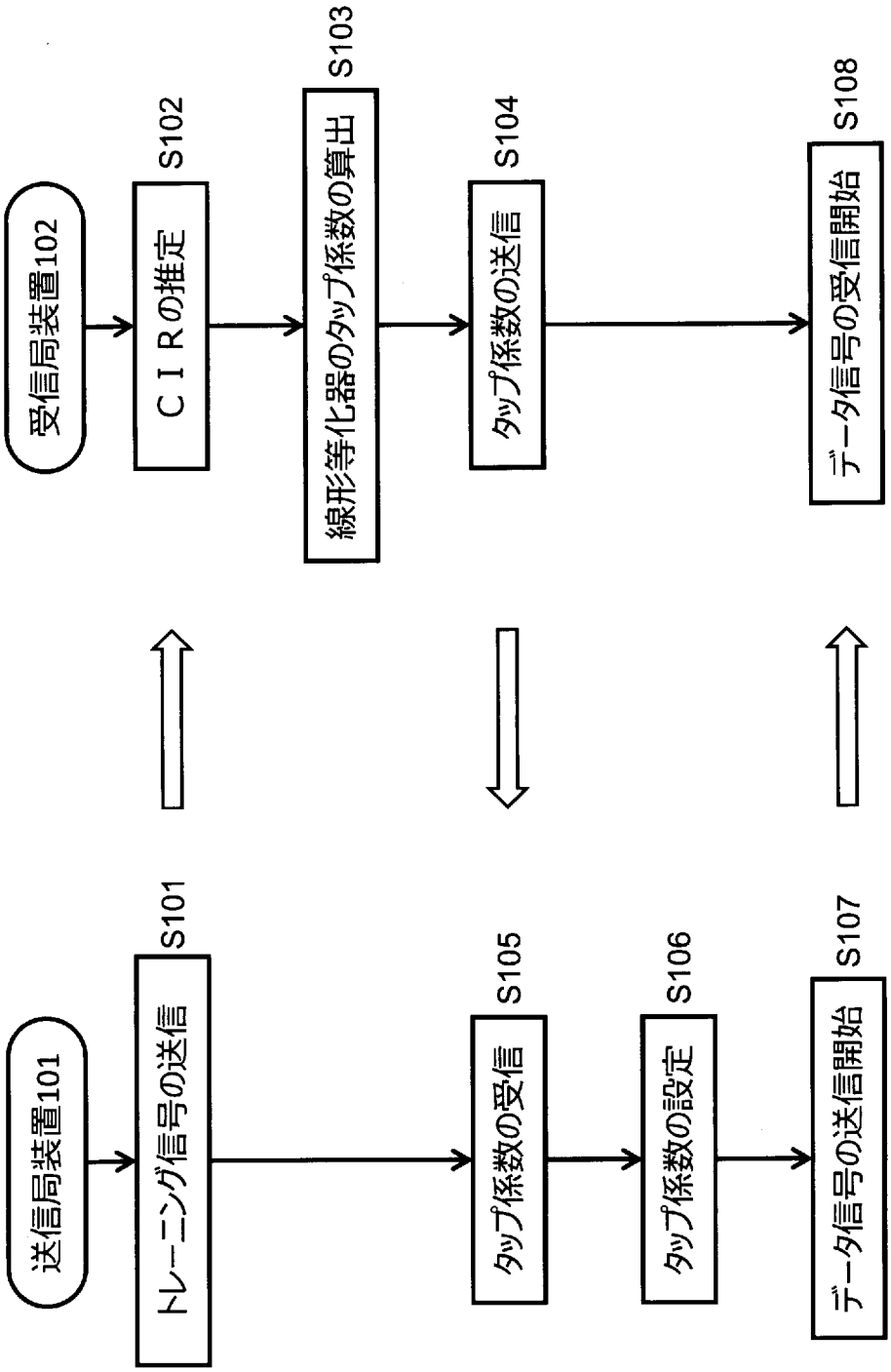
[図6]


900
901
送信局装置
911
送信ビームフォーミング部
912(1)
CP付加部
912(2)
CP付加部
ATt(1)
ATt(2)
$s_1(n)$
$s_2(n)$
902
受信局装置
921(1)
CP除去部
921(2)
CP除去部
$\hat{s}_1(n)$
$\hat{s}_2(n)$
ATr(1)
ATr(2)

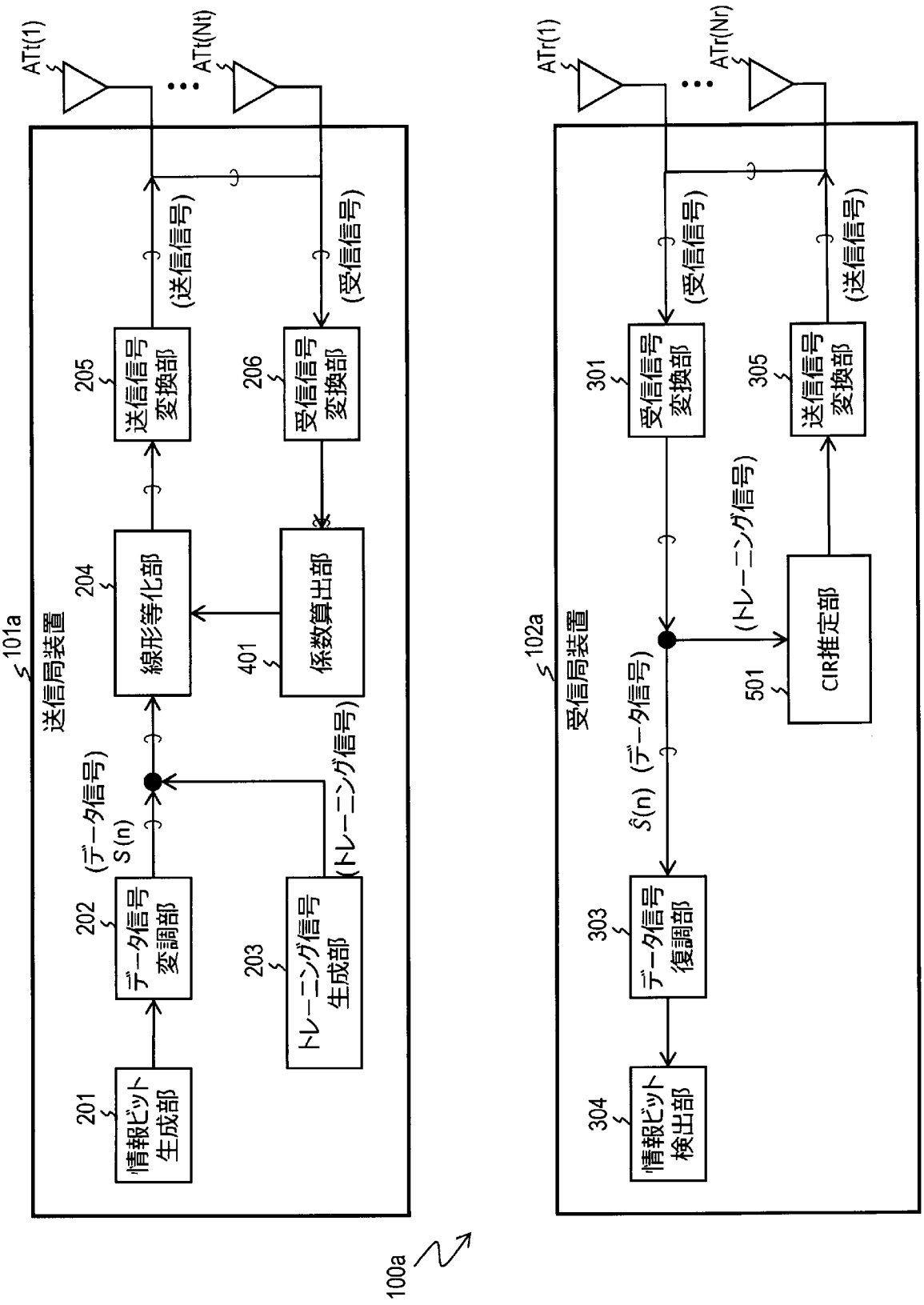
[図7]


送信信号S(n)
送信ビーム形成部911の出力
CP付加部912の出力
時間
時間
時間
データブロック1
データブロック2
データブロック1
データブロック2
CP1
CP2
データブロック1
データブロック2
送信ビーム形成
CP付加処理
(2ブロック分の処理遅延)

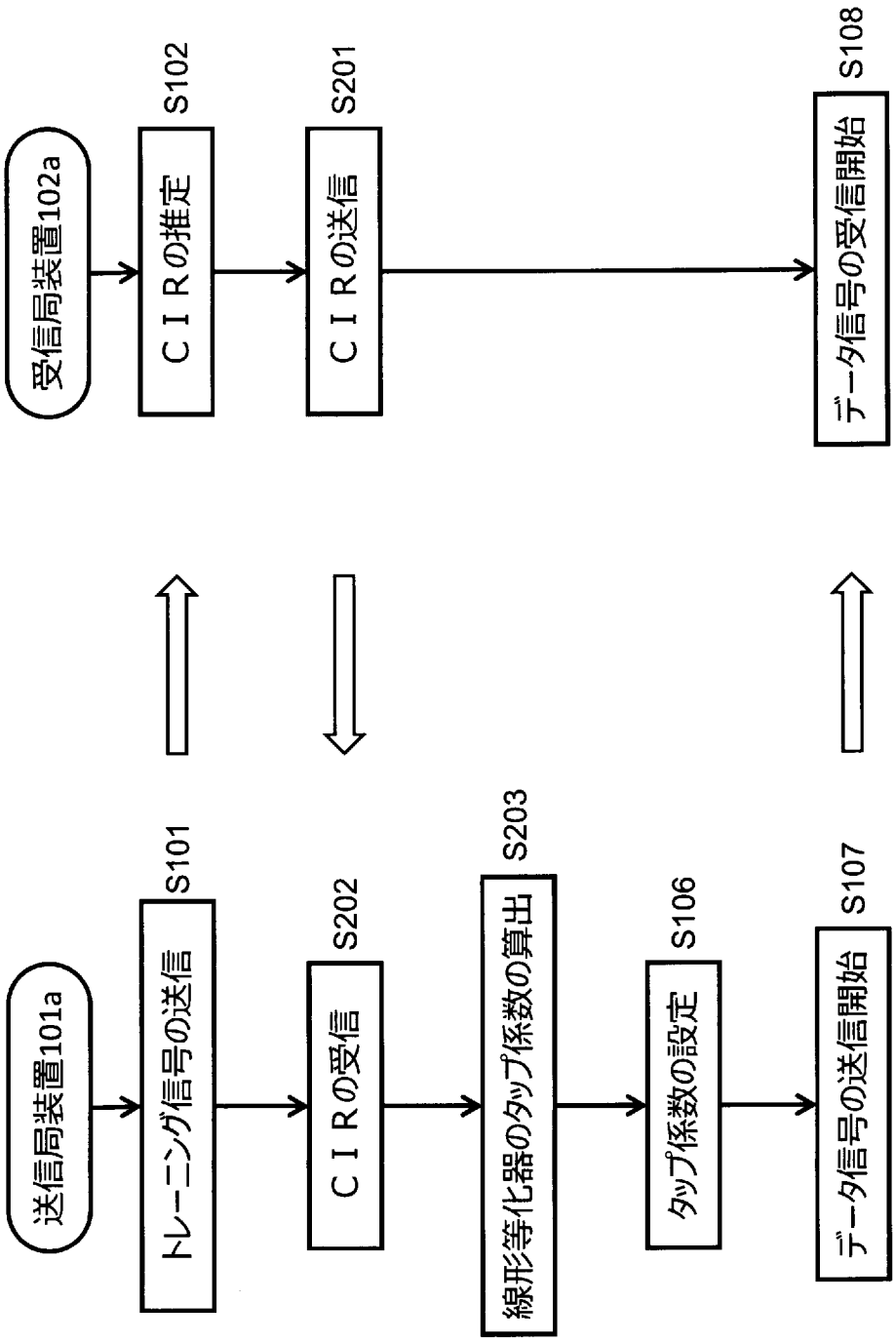
[図8]


送信局装置101
トレーニング信号の送信
S101
受信局装置102
CIRの推定
S102
線形等化器のタップ係数の算出
S103
タップ係数の送信
S104
タップ係数の受信
S105
タップ係数の設定
S106
データ信号の送信開始
S107
データ信号の受信開始
S108

[図9]


ATt(1)
ATt(Nt)
送信局装置
101a
201
情報ビット生成部
202
データ信号変調部
203
トレーニング信号生成部
204
線形等化部
205
送信信号変換部
206
受信信号変換部
401
係数算出部
(データ信号)
S(n)
(トレーニング信号)
(送信信号)
(受信信号)
100a
ATr(1)
ATr(Nr)
受信局装置
102a
301
受信信号変換部
303
データ信号復調部
304
情報ビット検出部
305
送信信号変換部
501
CIR推定部
(トレーニング信号)
(データ信号)
Ŝ(n)
(受信信号)
(送信信号)

[図10]


受信局装置102a
S102
ＣＩＲの推定
S201
ＣＩＲの送信
S108
データ信号の受信開始
送信局装置101a
S101
トレーニング信号の送信
S202
ＣＩＲの受信
S203
線形等化器のタップ係数の算出
S106
タップ係数の設定
S107
データ信号の送信開始

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/041193

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. H04B7/0456(2017.01)i, H04B7/0417(2017.01)i, H04B7/06(2006.01)i, H04L27/01(2006.01)i

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. H04B7/0456, H04B7/0417, H04B7/06, H04L27/01

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 1971-2019
Registered utility model specifications of Japan 1996-2019
Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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 2003-152607 A (NTT DOCOMO INC.) 23 May 2003, paragraphs [0004], [0072]-[0088], fig. 2 & US 2003/0152159 A1, paragraphs [0007], [0097]-[0113], fig. 10 & EP 1311094 A2	1-8
Y	福園隼人他，シングルキャリアブロックマルチユーザ MIMO システムにおける既知信号成分減算法，電子情報通信学会 2018 年通信ソサイエティ大会講演論文集 1, 28 August 2018, p. 387, non-official translation (FUKUZONO, Hayato et al. Known Signal Component Subtraction Methods in Single-Carrier Block Multi-User MIMO Systems. Proceedings of the 2018 IEICE Society Conference 1.)	1-8

☒ 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	Date of mailing of the international search report
08.11.2019	26.11.2019
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

International application No.
PCT/JP2019/041193

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	熊谷慎也,安達文幸, 下りリンクシングルキャリア MU-MIMO のための送受信協調 MMSE フィルタリング, 電子情報通信学会技術研究報告, 24 September 2015, vol. 115, no. 233, pp. 101-106 (KUMAGAI, Shinya, ADACHI, Fumiyuki. Joint Tx/Rx MMSE Filtering for Downlink Single-Carrier MU-MIMO. IEICE Technical Report.)	1-8
Y	熊谷慎也,安達文幸, 上りリンクシングルキャリア MU-MIMO における送受信協調 MMSE フィルタリング, 電子情報通信学会技術研究報告, 15 January 2015, vol. 114, no. 395, pp. 181-186 (KUMAGAI, Shinya, ADACHI, Fumiyuki. Joint Tx/Rx MMSE Filtering for Uplink Single-Carrier MU-MIMO. IEICE Technical Report.)	1-8

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／０４１１９３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H04B7/0456(2017.01)i, H04B7/0417(2017.01)i, H04B7/06(2006.01)i, H04L27/01(2006.01)i

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））

Int.Cl.　H04B7/0456, H04B7/0417, H04B7/06, H04L27/01

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	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９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 2003-152607 A (株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ) 2003.05.23, ［０００４］, ［００７２］－［００８８］, 図２ & US 2003/0152159 A1, [0007], [0097]-[0113], Fig.10 & EP 1311094 A2	1-8
Y	福園　隼人　他, シングルキャリアブロックマルチユーザＭＩＭＯシステムにおける既知信号成分減算法, 電子情報通信学会２０１８年通信ソサイエティ大会講演論文集１, 2018.08.28, p.387	1-8

☑　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矛盾するものではなく、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	国際調査報告の発送日
０８．１１．２０１９	２６．１１．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｋ　９２９７
北村　智彦
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５５６

Ｃ（続き）．　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	熊谷　慎也，安達　文幸，下りリンクシングルキャリアＭＵ－ＭＩＭＯのための送受信協調ＭＭＳＥフィルタリング，電子情報通信学会技術研究報告，2015.09.24，vol.115.no.233，pp.101-106	1-8
Ｙ	熊谷　慎也，安達　文幸，上りリンクシングルキャリアＭＵ－ＭＩＭＯにおける送受信協調ＭＭＳＥフィルタリング，電子情報通信学会技術研究報告，2015.01.15，vol.114,no.395，pp.181-186	1-8