(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
2021年10月7日(07.10.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/199812 A1

(51) 国際特許分類:
H04L 5/02 (2006.01) *H04L 27/22* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/007354

(22) 国際出願日： 2021年2月26日(26.02.2021)

(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 2020-062107 2020年3月31日(31.03.2020) JP

(71) 出願人: 国立大学法人京都大学 (**KYOTO UNIVERSITY**) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町３６番地１ Kyoto (JP).

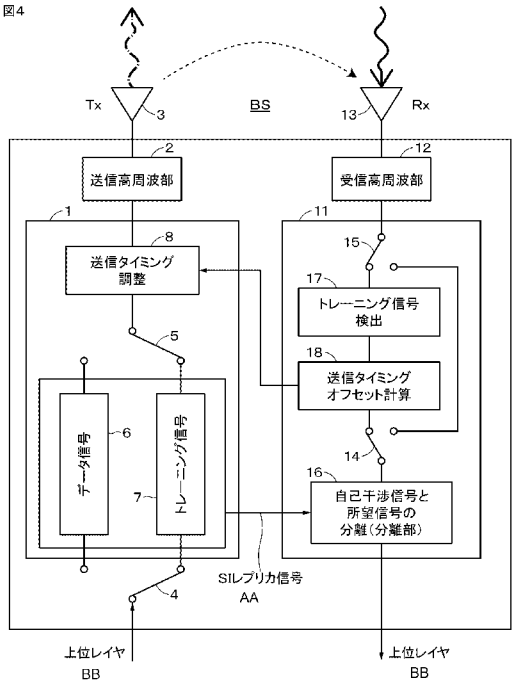
(72) 発明者: 水谷 圭一 (**MIZUTANI, Keiichi**); 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町３６番地１ 国立大学法人京都大学内 Kyoto (JP). 原田 博司 (**HARADA, Hiroshi**); 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町３６番地１ 国立大学法人京都大学内 Kyoto (JP). 松村 武 (**MATSUMURA, Takeshi**); 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町３６番地１ 国立大学法人京都大学内 Kyoto (JP). リュウ ショシ (**LIU, Shuzhi**); 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町３６番地１ 国立大学法人京都大学内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 杉浦 拓真, 外 (**SUGIURA, Takuma** et al.); 〒1710022 東京都豊島区南池袋１－１－１１ カドラービル４０２ Tokyo (JP).

(54) **Title:** COMMUNICATION DEVICE AND COMMUNICATION METHOD

(54) 発明の名称： 通信装置および通信方法

図4



2 Transmission high-frequency unit
6 Data signal
7 Training signal
8 Transmission timing adjustment
12 Reception high-frequency unit
17 Training signal detection
18 Transmission timing offset calculation
16 Separation of self-interference signal and desired signal (separation unit)
AA SI replica signal
BB Upper layer

(57) **Abstract:** This communication device receives data from a first user terminal and transmits data to a second user terminal simultaneously in the same frequency band, the communication device comprising: an antenna and a transmission unit that transmit, during training, a training signal made up of known data; a transmission timing adjusting unit that adjusts the transmission timing of a transmission signal; a receiving unit that includes a training signal detection unit and an antenna that receives a reception signal including a self-interference signal and a desired signal; an offset calculating

WO 2021/199812 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, IT, 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, 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))

unit that calculates an offset between a reception timing of the reception signal and the transmission timing of the training signal; and a separation unit that separates the self-interference signal and the desired signal. The communication device is configured to control the transmission timing adjustment unit based on the offset calculated by the offset calculating unit so that the transmission timing and the reception timing substantially match and so that the self-interference signal and the desired signal are separated by the separation unit. FIG. 4:

(57) 要約:第１のユーザー端末からのデータ受信と、第２のユーザー端末に対するデータ送信を、同じ周波数帯で同時に行なう通信装置において、トレーニング時に、既知のデータからなるトレーニング信号を送信する送信部及びアンテナと、送信信号の送信タイミングを調整する送信タイミング調整部と、自己干渉信号及び所望信号を含む受信信号を受信するアンテナ及びトレーニング信号検出部を含む受信部と、受信信号の受信タイミングとトレーニング信号の送信タイミングのオフセットを計算するオフセット計算部と、自己干渉信号と所望信号を分離する分離部とを備え、オフセット計算部により計算されたオフセットによって、前記送信タイミングと前記受信タイミングがほぼ一致するように、送信タイミング調整部を制御し、分離部によって自己干渉信号と所望信号を分離するようになされた通信装置である。 図４

明　細　書

発明の名称 ： 通信装置および通信方法

技術分野

[0001] 本発明は、周波数利用効率を高くすることが可能な通信装置および通信方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、無線通信に対する需要が増加の一途を辿っており、周波数リソースの不足が深刻化している。スペクトル利用効率を改善するために、これまでにも様々な技術が提案されてきた。その一つがIn-Band Full-Duplex（ＩＢＦＤと適宜称する)である。基地局ＢＳ（Base Station）は、複数のユーザー装置ＵＥ（User Equipment）と双方向通信を行う。従来のHalf-Duplex（ＨＤと適宜称する)では各ＵＥとの上下リンクをそれぞれ別のタイムスロット（もしくは別の周波数リソース）に割り当てる必要があるが、ＩＢＦＤではＢＳが同じ周波数帯で同時送受信することで、スペクトル利用効率を理想的には２倍にできる有望な技術として期待されてきた。また、ＩＢＦＤは従来のＨＤと比較して、隠れ端末問題の解決や、トラフィック輻輳の低減など多くの利点も有する。

[0003] 一方で、自身の送信信号が受信信号（所望信号）に対して与える強力な干渉（Self-Interference,ＳＩ、自己干渉と適宜称する）信号が所望信号の受信品質を著しく劣化させるため、ＩＢＦＤは未だ実用化に至っていない。これを解決するために、これまでにアンテナによるキャンセル技術（非特許文献１参照）、アナログ回路におけるキャンセル技術（非特許文献２参照）、およびデジタル回路におけるキャンセル技術（非特許文献３参照）などの様々な自己干渉キャンセル技術が提案されている。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：J. Il Choi,M, Jain, K. Srinivasan,P. Levis, and S. Katti

, “Achieving single channel, full duplex wireless communication,” Proceedings of the Sixteenth Annual International Conference on Mobile Computing and Net-working (MobiCom 10), pp. 1-12, Sep. 2010.

非特許文献2：D. Bharadia, E. McMilin, and S. Katti, “Full duplex radios,” SIGCOMM Com-put. Commun. Rev., Vol. 43, No. 4, pp. 375-386, Aug. 2013.

非特許文献3：E. Ahmed and A. M. Eltawil, “All-digital self-interference cancellation technique for full-duplex systems,” IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 14, No. 7, pp. 3519-3532, Jul. 2015.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 非特許文献１に記載のものは、アンテナを三つ使用し、二つの送信アンテナ間の距離が大きいことで実用化は難しい問題がある。非特許文献２に記載のものは、サーキュレーターを用いてアナログ自己干渉キャンセルを実装しているが、サーキュレーターのハードウェア規模が大きい問題ある。非特許文献３に記載のものは、二つの同じ受信回路を用いてデジタル自己干渉キャンセルを実装していることで、ハードウェア規模が増大する問題がある。これらの技術では、自己干渉信号と所望信号の混合受信信号の時間波形から自己干渉信号成分の時間波形を直接差し引くことで自己干渉成分のキャンセルを試みる。それらのいくつかは、特定の環境下において十分なキャンセル性能が達成できると報告されているが、実装の複雑さやハードウェア規模の増大、また実現環境が極端に限定されるなど、各技術単体では十分に実用性があるとは言えない。

[0006] したがって、本発明の目的は、これらの従来自己干渉キャンセル技術適用後に残留した自己干渉信号をデジタル領域でキャンセルし、周波数利用効率を最大二倍にできることを可能とする通信装置および通信方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明は、第１のユーザー端末からのデータ受信と、第２のユーザー端末に対するデータ送信を、同じ周波数帯で同時に行なう通信装置において、

トレーニング時に、既知のデータからなるトレーニング信号を送信する送信部及びアンテナと、

送信信号の送信タイミングを調整する送信タイミング調整部と、

自己干渉信号及び所望信号を含む受信信号を受信するアンテナ及びトレーニング信号検出部を含む受信部と、

所望信号の受信タイミングとトレーニング信号の送信タイミングのオフセットを計算するオフセット計算部と、

自己干渉信号と所望信号を分離する分離部とを備え、

オフセット計算部により計算されたオフセットによって、自己干渉信号の受信タイミングと所望信号の受信タイミングがほぼ一致するように、送信タイミング調整部を制御し、分離部によって自己干渉信号と所望信号を分離するようになされた通信装置である。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、小さな回路規模であって、従来の自己干渉キャンセル技術による残留自己干渉をキャンセルし、周波数利用効率を高くすることができる。なお、ここに記載された効果は必ずしも限定されるものではなく、この発明中に記載されたいずれの効果であってもよい。また、以下の説明における例示された効果によりこの発明の内容が限定して解釈されるものではない。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図１は、本発明を適用できる通信システムの一例を示すブロック図である。

[図2]図２Ａ及び図２Ｂは、二つの通信方式の時間領域および周波数領域の動作を示す略線図である。

[図3]図３は、自己干渉の説明のためのブロック図である。

[図4]図４は、本発明の一実施形態の基地局の構成を示すブロック図である。

[図5]図５Ａ及び図５Ｂは、自己干渉信号の影響の説明に用いる波形図及び複素平面を示す略線図である。

[図6]図６Ａ及び図６Ｂは、本発明の一実施形態の説明に用いる波形図及び複素平面を示す略線図である。

[図7]図７は、本発明の一実施形態における自己干渉信号と所望信号の分離を説明するための略線図である。

[図8]図８Ａ及び図８Ｂは、基地局ＢＳからユーザー端末ＵＥ２に対して送信する信号の同相成分及び直交成分のそれぞれを表す波形図である。

[図9]図９Ａ、図９Ｂ及び図９Ｃは、基地局ＢＳからユーザー端末ＵＥ２に対して送信する信号を基地局ＢＳ自身において受信した自己干渉信号の同相成分及び直交成分のそれぞれを表す波形図、並びにこれらの信号の複素平面上に示す略線図である。

[図10]図１０Ａ、図１０Ｂ及び図１０Ｃは、ユーザー端末ＵＥ１から基地局ＢＳに対して送信する信号を基地局ＢＳにおいて受信した所望信号の同相成分及び直交成分のそれぞれを表す波形図、並びにこれらの信号の複素平面上に示す略線図である。

[図11]図１１Ａ、図１１Ｂ及び図１１Ｃは、自己干渉信号と所望信号を、基地局ＢＳにおいて完全に同じタイミングで受信した場合、すなわち自己干渉信号と所望信号の受信タイミングオフセットが０（$\tau=0$）で足し合わせた信号の同相成分及び直交成分のそれぞれを表す波形図、並びにこれらの信号の複素平面上に示す略線図である。

[図12]図１２は、自己干渉信号と所望信号で形成されたSuperposition Constellation を説明するための略線図である。

[図13]図１３は、自己干渉信号を取り除き所望信号を分離する過程を説明するための略線図である。

[図14]図１４は、本発明のシミュレーション結果（ＢＥＲ特性）を説明するためのグラフである。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、この発明の一実施形態について説明する。なお、以下に説明する一実施形態は、この発明の好適な具体例であり、技術的に好ましい種々の限定が付されているが、この発明の範囲は、以下の説明において、特にこの発明を限定する旨の記載がない限り、これらの実施形態に限定されないものとする。

[0011] 図１を参照してＩＢＦＤについて説明する。基地局ＢＳ（Base Station）は、ユーザー装置ＵＥ１とＵＥ２とそれぞれ双方向通信を行う。基地局ＢＳは、実際にはより多くのユーザー端末と無線通信を行なうようにされている。ユーザー装置ＵＥ１もしくはＵＥ２から基地局ＢＳへの通信を上りリンク、基地局ＢＳからユーザー装置ＵＥ１もしくはＵＥ２への通信を下りリンクと呼称する。従来のＨＤでは、図２Ａに示すように、各ＵＥとの上下リンクをそれぞれ別のタイムスロットＴＳ（もしくは別の周波数リソース）に割り当てる必要がある。例えば図２Ａでは、ＴＳ１においてユーザー装置ＵＥ１から基地局ＢＳへの上りリンク通信を実施し、ＴＳ２においてユーザー装置ＵＥ２から基地局ＢＳへの上りリンク通信を実施し、ＴＳ３において基地局ＢＳからユーザー装置ＵＥ１への下りリンク通信を実施し、ＴＳ４において基地局ＢＳからユーザー装置ＵＥ２への下りリンク通信を実施する。したがって合計４つのタイムスロットＴＳを利用する。これに対して、図２Ｂに示すように、ＩＢＦＤでは基地局ＢＳが同じ周波数帯で同時送受信する事で、スペクトル利用効率を理想的には２倍にすることができる。例えば図２Ｂでは、ＴＳ１においてユーザー装置ＵＥ１から基地局ＢＳへの上りリンク通信と、基地局ＢＳからユーザー装置ＵＥ２への下りリンク通信を同時に実施し、ＴＳ２においてユーザー装置ＵＥ２から基地局ＢＳへの上りリンク通信と、基地局ＢＳからユーザー装置ＵＥ１への下りリンク通信を同時に実施する。したがって理想的には合計２つのタイムスロットＴＳの利用で済むため、最大二倍の周波数利用効率となる。また、ＩＢＦＤは従来のＨＤと比較して、隠れ端末問題の解決や、トラフィック輻輳の低減など多くの利点も有する

。

[0012] 一方で、図３のように自身の送信信号が受信信号（所望信号）に対して与える強力な自己干渉信号（破線で示す）が所望信号の受信品質を著しく劣化させるため、ＩＢＦＤは未だ実用化に至っていない。本発明は、かかる問題を解決するものである。

[0013] 本発明では、従来の自己干渉キャンセル技術のように、混合受信信号から直接自己干渉信号成分を時間波形として直接差し引く方式と異なり、ＢＳ受信側において受信信号（すなわち所望信号）に送信信号（すなわち自己干渉信号）をそのタイミングを調整した上で重畳して変調し、その重畳信号の変調特徴を用いて受信信号だけを取り出す「重畳変調特徴利用型信号分離受信技術」を提案する。

[0014] 図４に本発明が提案する、「重畳変調特徴利用型信号分離受信技術」を導入したＢＳにおける送受信機構成の一例を示す。送信部１、送信高周波部２及び送信アンテナ３と、受信部１１、受信高周波部１２及び受信アンテナ１３が設けられている。予めトレーニングを行なう時が設定されている。トレーニングは、初期設定の期間に行なうようにしてもよいし、受信中に行なうようにしてもよい。トレーニングによって得られた調整値は、例えば不揮発性メモリ（不図示）などに保持される。

[0015] 送信部１には、送受信時とトレーニング時とで切り替えられる切替器４及び５が設けられている。送受信状態では、切替器４及び５によって選択されたデータ信号６が送信タイミング調整部８において送信タイミングが調整されてから、送信高周波部２及び送信アンテナ３を通じて送信される。トレーニング時では、切替器４及び５によって選択されたトレーニング信号７が送信タイミング調整部８において送信タイミングが調整され、送信タイミング調整部８からのトレーニング信号７が送信高周波部２及び送信アンテナ３を通じて送信される。トレーニング信号７は、送信信号と同様の変調がなされた信号であり、既知のデータである。

[0016] 受信アンテナ１３によって受信された受信信号が受信高周波部１２で処理

されて受信部１１に供給される。送信部１には、送受信時とトレーニング時とで切り替えられる切替器１４及び１５が設けられている。送受信状態では、切替器１４及び１５によって選択された受信信号が分離部１６に供給される。分離部１６は、自己干渉信号を取り除いて所望信号を分離して出力する機能を有する。

[0017] トレーニング時では、切替器１５によって選択された受信信号から検出部１７によってトレーニング信号が検出される。検出されたトレーニング信号がオフセット計算部１８に供給される。オフセット計算部１８では、送信タイミングのオフセットが計算される。送信タイミングのオフセットは、受信信号のサンプリングタイミングと送信信号のサンプリングタイミングの時間差のことである。一般的にパルス通信において、データ判定のためのサンプリングタイミングは、アイパターンが一番開いている時刻（中央の時刻）とされることが好ましい。受信信号と送信信号のサンプリングタイミングが一致していると、送信信号（自己干渉信号）が受信信号（所望信号）に対して与える影響を、後ほど説明する自己干渉信号と所望信号を分離する分離部１６による処理によって、除去もしくは軽減しやすくすることができる。

[0018] オフセット計算部１８によって得られたオフセットが送信部１の送信タイミング調整部８に対して供給され、送信タイミング調整部８は、オフセットがなくなるように、送信信号のタイミングが調整される。なお、送信タイミング調整部８は、回路遅延等を考慮して送信信号の送出タイミングを調整する。自己干渉信号と所望信号を分離する分離部１６によって両者が分離され、所望信号が取り出される。トレーニングが終了すると、切替器４及び５が切替られ、送受信動作がなされる。送信されるデータ信号６が送信タイミング調整部８を介して送信されるので、受信信号と自己干渉信号のサンプリングタイミングが一致したものとされ、分離部１６において、所望信号と自己干渉信号の分離処理が良好になされる。

[0019] 次に、基地局ＢＳがユーザー装置ＵＥ２に送信する信号の例を観察する。一例として、８ビットの情報ビット列（０，１，１，０，０，１，１，０）

をＱＰＳＫ(Quadrature Phase Shift Keying) 変調で送信する。ここでは、例として複素シンボル（１＋ｊ）に２ビットの情報ビット列（１，１）を、複素シンボル（－１＋ｊ）に２ビットの情報ビット列（０，１）を、複素シンボル（－１－ｊ）に２ビットの情報ビット列（０，０）を、複素シンボル（１－ｊ）に２ビットの情報ビット列（１，０）をマッピングするＱＰＳＫを考える。送信信号が受信されるまでに減衰もしくは増幅される係数をＡとすると、ＱＰＳＫ変調された受信シンボルは図５の例では、（－Ａ＋ｊＡ，Ａ－ｊＡ，－Ａ＋ｊＡ，Ａ－ｊＡ）の４つの複素シンボルとなる。また図５では、ユーザー装置ＵＥ１が基地局ＢＳに送信する所望信号もＱＰＳＫで変調されているが、どのシンボルが送信されているかわからない状況を示しており、図５Ｂのｘで示す場所が全て所望信号の候補となる。基地局ＢＳがユーザー装置ＵＥ２に送信する信号を$s_1(t-\tau)$（τは所望信号と自己干渉信号ＳＩのサンプリングタイミングの時間差を表す）、基地局ＢＳが受信するユーザー端末ＵＥ１からの所望信号を$r_1(t)$とする。この時、自己干渉信号ＳＩは、$hs_1(t-\tau)$と表される。ここでｈはチャネル係数であり、図５の例ではｈ＝Ａである。

[0020] 図５Ａは、基地局ＢＳからユーザー端末ＵＥ２に送信する信号$hs_1(t-\tau)$の同相成分及び直交成分を表している。図５Ａにおいて、横軸が時間を表しており、単位はサンプル時間となる。縦軸は信号の強さを表している。また、所望信号のサンプリングタイミングを破線で示す。受信信号のアイパターンが一番開いている時刻（中央の時刻）において、サンプリングされることがデータ判定の際に最適な受信性能を発揮する。しかしながら、このタイミングと所望信号のサンプリングのタイミングの間にオフセットが存在する。

[0021] 本発明と異なり、送信信号の送出タイミング調整を行わない場合、所望信号のサンプリングのタイミングで送信する信号もサンプリングされるので、図５Ｂに示すように、複素平面での所望信号の分布がランダムとなるため復調できない。すなわち、所望信号が複素平面の４個の象限のどこに存在する

かが不明となり、所望信号をＱＰＳＫ復調することができなくなる。

[0022] 本発明では、送信信号のタイミング調整を行なって、図６Ａに示すように、送信信号のアイパターンが一番開いている時刻（中央の時刻）を完全に一致する、もしくは許容できるタイミングずれ以内とすることができる。したがって、図６Ｂに示すように、自己干渉信号及び所望信号の混合信号は例えばSingle Carrierの場合、送信信号（自己干渉信号）に受信信号（所望信号）がSuperposition Coding（重畳符号化）された状態となる。受信信号（所望信号）のコンスタレーション（変調複素信号）は、自己干渉信号分だけバイアスが付加された状態で受信される。したがって、図７に示すように、Superposition Codingの復調要領で、複素平面上で自己干渉信号成分を差し引き、残留複素信号成分を直接復調することで所望信号の復調結果を得ることができる。

[0023] さらに、本発明の処理についてより詳細に説明する。上述したように、基地局ＢＳがユーザー装置ＵＥ２に対して、例えば４ビットの情報ビット列（０，０，１，１）をＱＰＳＫ変調して送信する信号の例を観察する。基地局ＢＳがユーザー装置ＵＥ２に送信する信号を$s_1(t-\tau)$（τは所望信号と自己干渉信号ＳＩのサンプリングタイミングの時間差を表す）、基地局ＢＳが受信するユーザー端末ＵＥ１からの所望信号を$r_1(t)$とする。この時、自己干渉信号ＳＩは、$hs_1(t-\tau)$と表される。

[0024] 図８Ａは、基地局ＢＳからユーザー端末ＵＥ２に対して送信する信号を、基地局ＢＳ自身が受信した自己干渉信号$hs_1(t-\tau)$の同相成分を表し、図８Ｂは、この信号の直交成分を表している。横軸は時間を表しており、単位はサンプル時間となる。縦軸は信号の強さを表している。４ビットの情報ビット列（０，０，１，１）をＱＰＳＫ変調して送信する信号の例を観察しているため、ＱＰＳＫ変調された送信シンボルは、（－１－ｊ，１＋ｊ）の２つの複素シンボルとなる。ここで、チャネル係数$h=A_1$であったとすると、受信される自己干渉信号の同相成分と直交成分は、それぞれ（$-A_1$，A_1）（$-A_1$，A_1）となり、それぞれ図８Ａ及び図８Ｂの矢印で示す。パワー

は、サンプリングの所では、一定の値をとる。今回の自己干渉信号の場合、大きさA_1となる。図８Ａ及び図８Ｂにおいて、サンプリング点におけるパワーが一定となるのは、送信側でナイキストフィルタのインパルス応答を畳み込む特徴である。

[0025] 信号を時間領域と複素平面に同時に表したものが図９Ｃである。時間領域の波形（図９Ａ及び図９Ｂ）は、図８Ａ及び図８Ｂと同じものである。複素平面の横軸が同相成分（Ｉ軸）であり、その縦軸が直交成分（Ｑ軸）である。

[0026] 図１０Ａ，図１０Ｂ，図１０Ｃにユーザー端末ＵＥ１から基地局ＢＳに送信する信号（所望信号）の一例を示す。送信情報ビット列は、（０，１，１，１）を想定し、その場合、ＱＰＳＫ変調した後の所望信号の同相成分及び直交成分は、（－１，１）（１，１）となる。チャネル係数がA_2であるとすると、基地局ＢＳにおいて受信される所望信号の同相成分及び直交成分は、（$-A_2$，A_2）（A_2，A_2）となり、それぞれ図１０Ａ及び図１０Ｂにおける矢印で示す。図１０Ｃは、受信された所望信号を複素平面に表したものである。複素平面の横軸が同相成分（Ｉ軸）であり、その縦軸が直交成分（Ｑ軸）である。パワーは、サンプリングの所では、一定の値をとる。この自己干渉信号の場合、大きさA_2となる。所望信号が自己干渉信号に比してパワーが小さいために、図１０Ａ，図１０Ｂ，図１０Ｃにおいては、A_1に比べて振幅が小さな値A_2となっている。

[0027] 本発明においては、所望信号と自己干渉信号ＳＩのサンプリングタイミングの時間差τを０とするので、自己干渉信号の時間波形（図９Ａ及び図９Ｂ）と所望信号の時間波形（図１０Ａ及び図１０Ｂ）は、信号がある時刻で一致した状態で足し合わされる。

[0028] 図１１Ａ及び図１１Ｂは、足し合わされた結果の時間波形の同相成分及び直交成分を表してのり、図１１Ｃは、複素平面上のプロットを示す。$\tau=0$で足し合わせてあるので、情報信号のある所は一致している。信号波形の情報信号のある所の振幅は一定である。よって、足し合わせた波形の情報信号

のある所の振幅は、同相成分、及び直交成分のそれぞれで（A_1+A_2）（A_1-A_2）（$-A_1+A_2$）（$-A_1-A_2$）の４個の可能性がある。

[0029] 同相成分と直交成分がそれぞれ４個の可能性を持つので、ＩＱ平面上では、１６個の存在可能性箇所（候補）ができる。図１１Ｃでは、白ドットが１６個の候補中の２個を示している。黒ドットは、自己干渉信号の存在する所である。

[0030] このようにＩＱ平面上のConstellationを足し合わせてできた新たなConstellationをSuperposition Constellation と呼ぶことにする。その全部の可能性を示したのが図１２である。図１２において、黒ドットが自己干渉信号を表し、ｘが所望信号を表している。このようにして、Superposition Constellation を得た後に所望信号を取り出すためには、ＩＱ平面上でSuperposition codingの要領に基づき自己干渉成分を取り除けばよい。その過程を表したのが図１３である。まず受信信号が全て自己干渉信号だと仮定してＱＰＳＫ復調を行い、その結果得られたビット列を再度ＱＰＳＫ復調し、推定した自己干渉信号成分の振幅成分A_1を乗じ、レプリカ信号を生成する。この生成した自己干渉信号のレプリカ信号を、元々受信していた所望信号と自己干渉信号の合成信号から差し引くことで、所望信号のみが残る。この残留成分をＱＰＳＫ復調することで、所望信号の受信ビット列を得る。

[0031] 図１４に本発明をSingle Carrierに適用した場合の計算機シミュレーションによる通信品質評価結果の一例を示す。図１４の縦軸がＢＥＲ（ビットエラーレート）であり、横軸がE_B/N_0（通信品質）である。ＢＥＲは、下方に向かうほど良好なことを意味し、E_B/N_0は、右側に向かうほど良好なことを意味する。

[0032] 例えばＩＢＦＤにおいては、自己干渉信号を１１０ｄＢ程度抑えないと、所望のＢＥＲが得られないとされている。既存の提案されている自己干渉信号の抑圧技術では、このような性能を得ることが難しかった。例えば６０ｄＢ～７０ｄＢ程度しか自己干渉信号を抑圧することができず、その結果、図１４において、水平のグラフのように、高いＢＥＲとなり、実用に供するこ

とができなかった。

[0033] 本発明は、既存の技術と組み合わせて使用することできる。例えば所望信号に対して自己干渉信号が１１０ｄＢ大きかった時に、７０ｄＢ改善を行なうことができる既存の技術と組み合わせることによって、図１４において破線で示すようなＢＥＲを実現できる。これはＨＤ時のＢＥＲと一致する。したがって、本発明によれば、従来の自己干渉キャンセル技術における要求条件を緩和させることが期待できる。但し、本発明は、既存の自己干渉キャンセル技術と組み合わせることを必須とするものではなく、単独でも十分な効果を発揮することができる。

[0034] 以上、本発明の実施形態について具体的に説明したが、上述の各実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

符号の説明

[0035] １・・・送信部、２・・・送信高周波部

３・・・送信アンテナ、６・・・データ信号、

７・・・トレーニング信号、８・・・送信タイミング調整部

１１・・・受信部、１２・・・受信高周波部

１３・・・受信アンテナ、

１８・・・送信タイミングオフセット計算部

請求の範囲

[請求項1] 第１のユーザー端末からのデータ受信と、第２のユーザー端末に対するデータ送信を、同じ周波数帯で同時に行なう通信装置において、

トレーニング時に、既知のデータからなるトレーニング信号を送信する送信部及びアンテナと、

送信信号の送信タイミングを調整する送信タイミング調整部と、

自己干渉信号及び所望信号を含む受信信号を受信するアンテナ及びトレーニング信号検出部を含む受信部と、

前記受信信号の受信タイミングと前記トレーニング信号の送信タイミングのオフセットを計算するオフセット計算部と、

自己干渉信号と所望信号を分離する分離部とを備え、

前記オフセット計算部により計算されたオフセットによって、前記送信タイミングと前記受信タイミングがほぼ一致するように、前記送信タイミング調整部を制御し、前記分離部によって前記自己干渉信号と前記所望信号を分離するようになされた通信装置。

[請求項2] トレーニング時が予め設定されている請求項１に記載の通信装置。

[請求項3] 前記所望信号に比して前記自己干渉信号がより大きい請求項１に記載の通信装置。

[請求項4] アナログ又はデジタル方式の自己干渉信号キャセル装置が組み合わされた請求項１に記載の通信装置。

[請求項5] 第１のユーザー端末からのデータ受信と、第２のユーザー端末に対するデータ送信を、同じ周波数帯で同時に行なう通信方法において、

トレーニング時に、既知のデータからなるトレーニング信号を送信し、

送信タイミング調整部によって送信信号の送信タイミングを調整し、

自己干渉信号及び所望信号を含む受信信号を受信し、

オフセット計算部によって前記受信信号の受信タイミングと前記ト

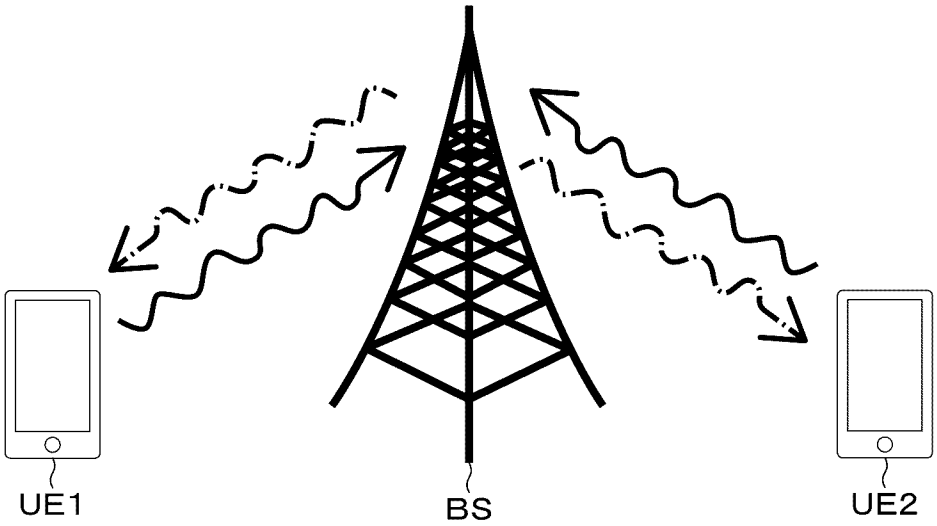
レーニング信号の送信タイミングのオフセットを計算し、

分離部によって自己干渉信号と所望信号を分離し、

前記オフセット計算部により計算されたオフセットによって、前記送信タイミングと前記受信タイミングがほぼ一致するように、前記送信タイミング調整部を制御し、前記分離部によって前記自己干渉信号と前記所望信号を分離する通信方法。

[図1]

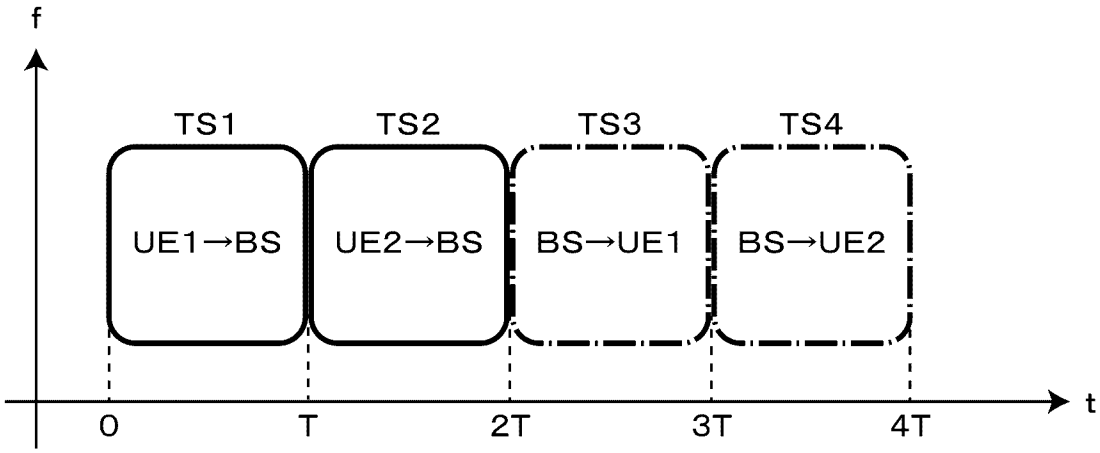
図1



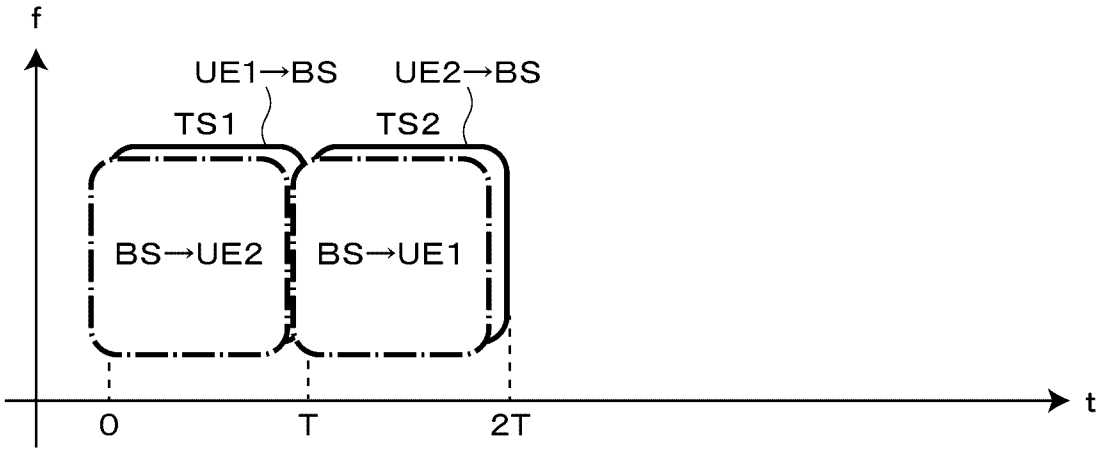
[図2]

図2

A

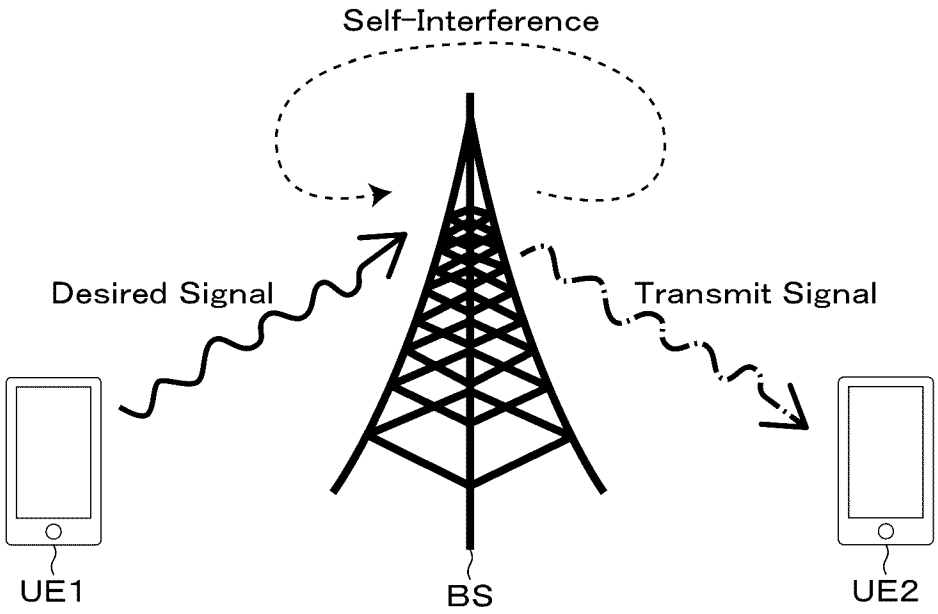

f
TS1
TS2
TS3
TS4
UE1→BS
UE2→BS
BS→UE1
BS→UE2
0
T
2T
3T
4T
t

B


f
UE1→BS
UE2→BS
TS1
TS2
BS→UE2
BS→UE1
0
T
2T
t

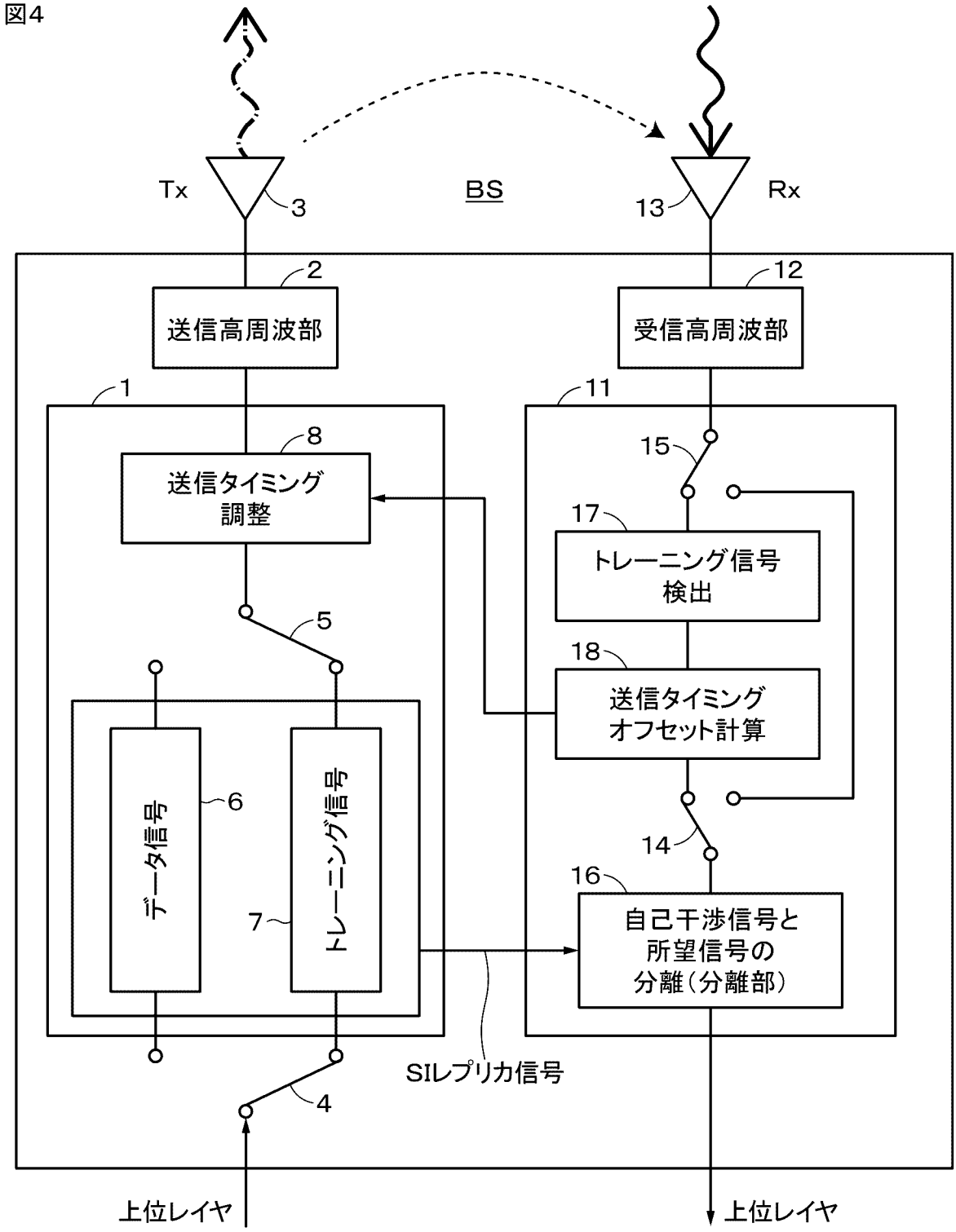
[図3]

図3


Self-Interference
Desired Signal
Transmit Signal
UE1
BS
UE2

[図4]

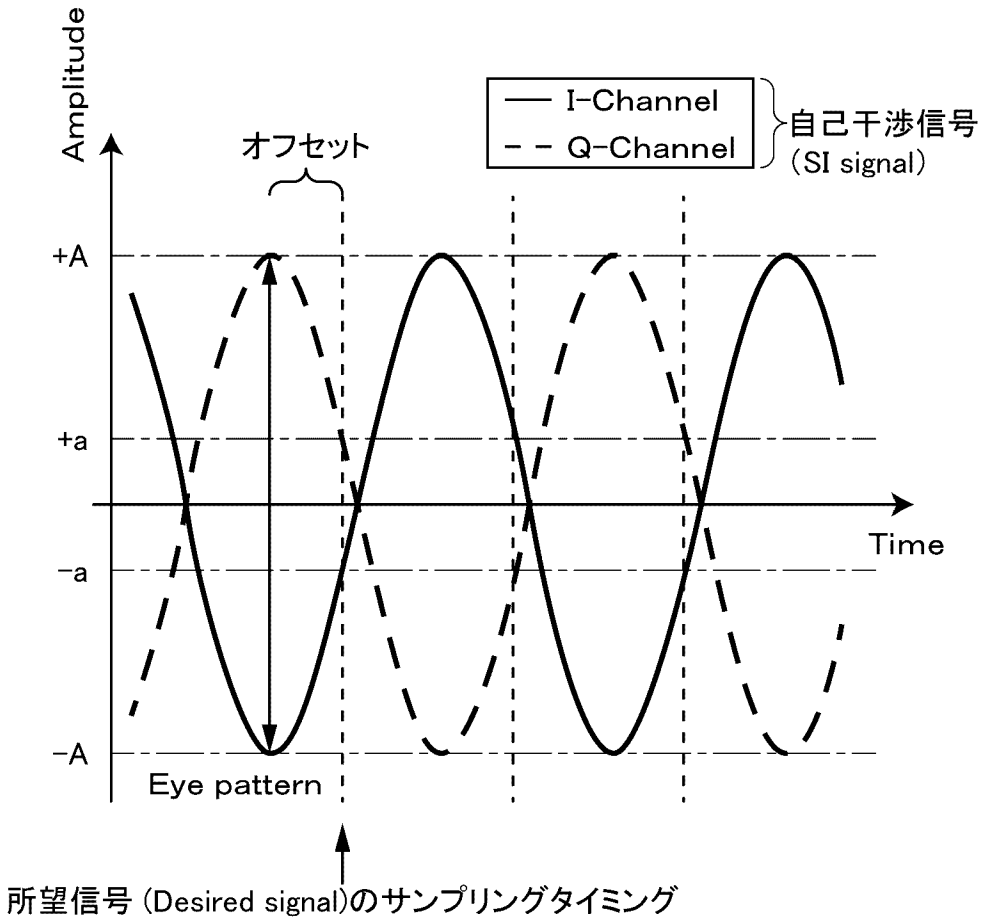
図4


Tx
3
BS
13
Rx
2
送信高周波部
12
受信高周波部
1
11
8
送信タイミング
調整
15
17
トレーニング信号
検出
5
18
送信タイミング
オフセット計算
データ信号
6
トレーニング信号
7
14
16
自己干渉信号と
所望信号の
分離（分離部）
SIレプリカ信号
4
上位レイヤ
上位レイヤ

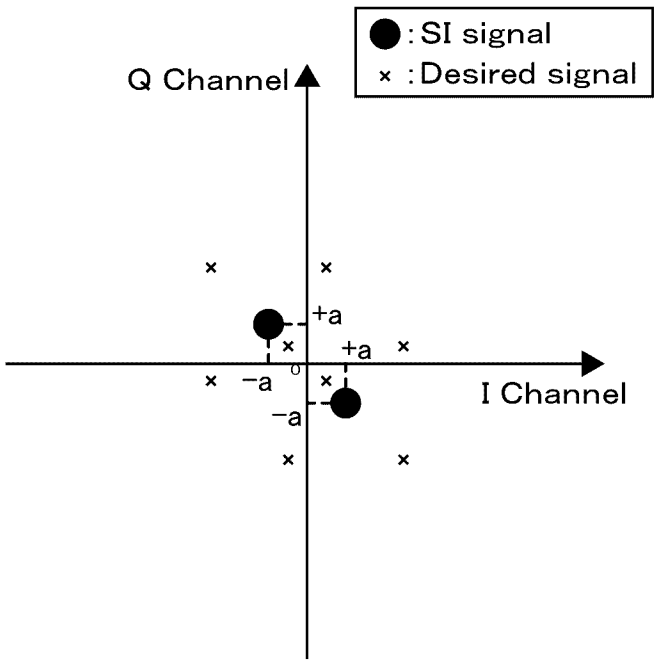
[図5]

図5

A

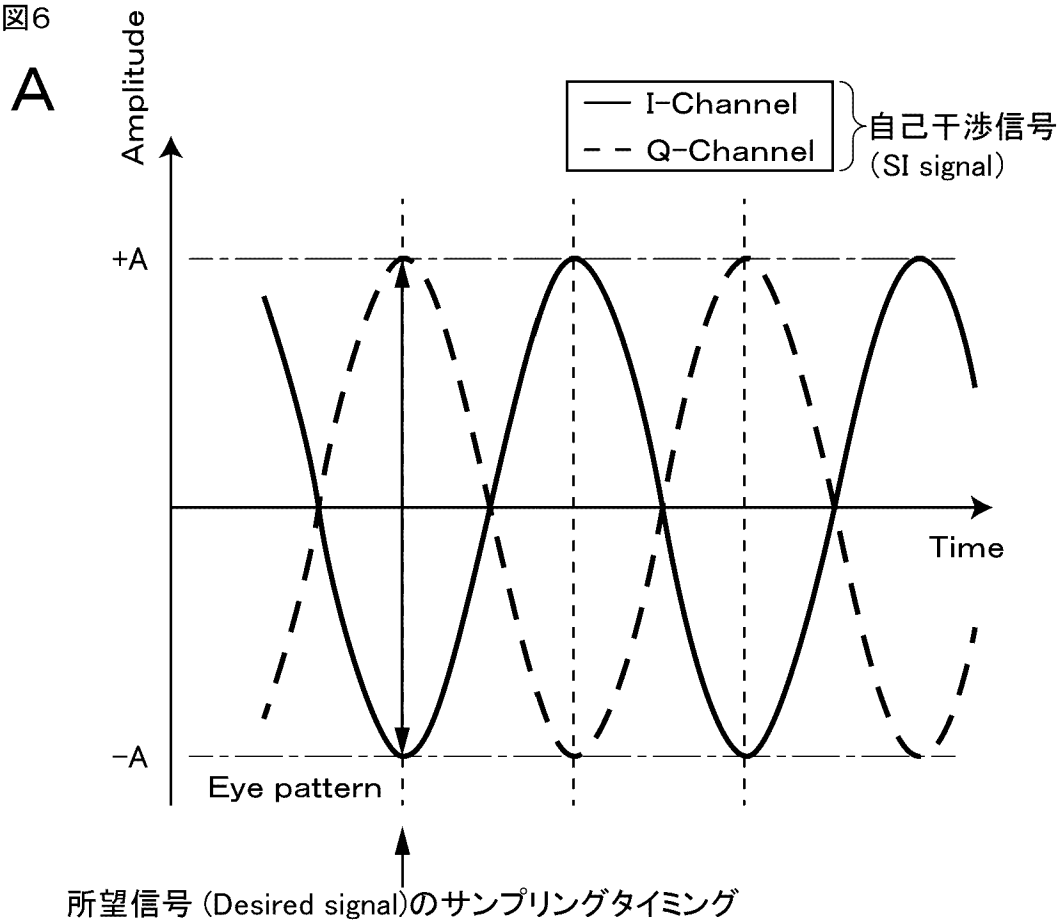

Amplitude
オフセット
I-Channel
Q-Channel
自己干渉信号
(SI signal)
+A
+a
−a
−A
Time
Eye pattern
所望信号 (Desired signal)のサンプリングタイミング

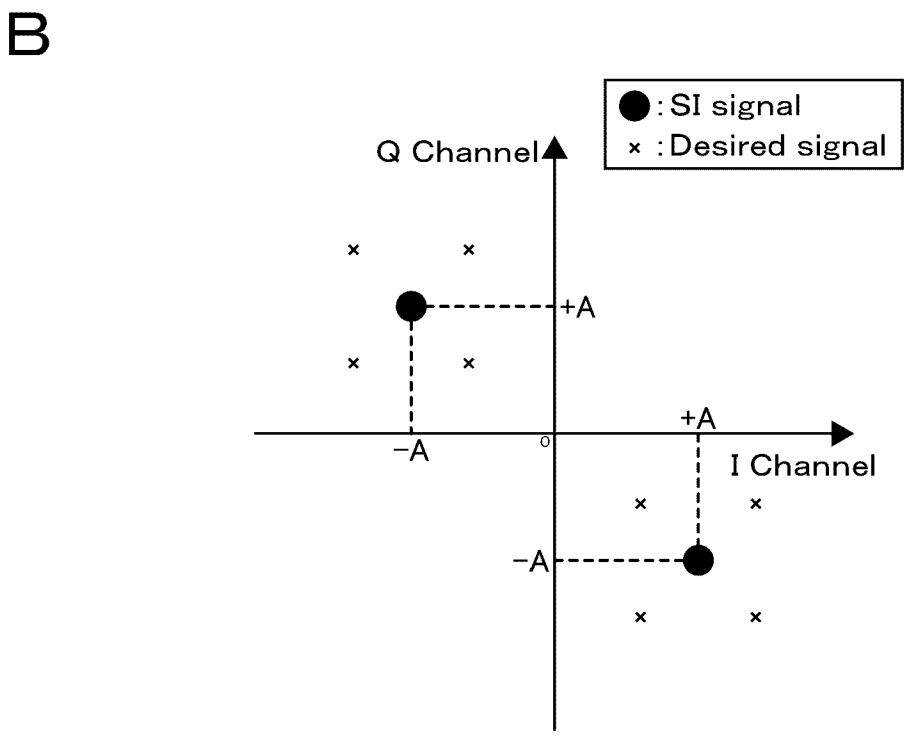
B


:SI signal
:Desired signal
Q Channel
+a
+a
−a
0
−a
I Channel

[図6]

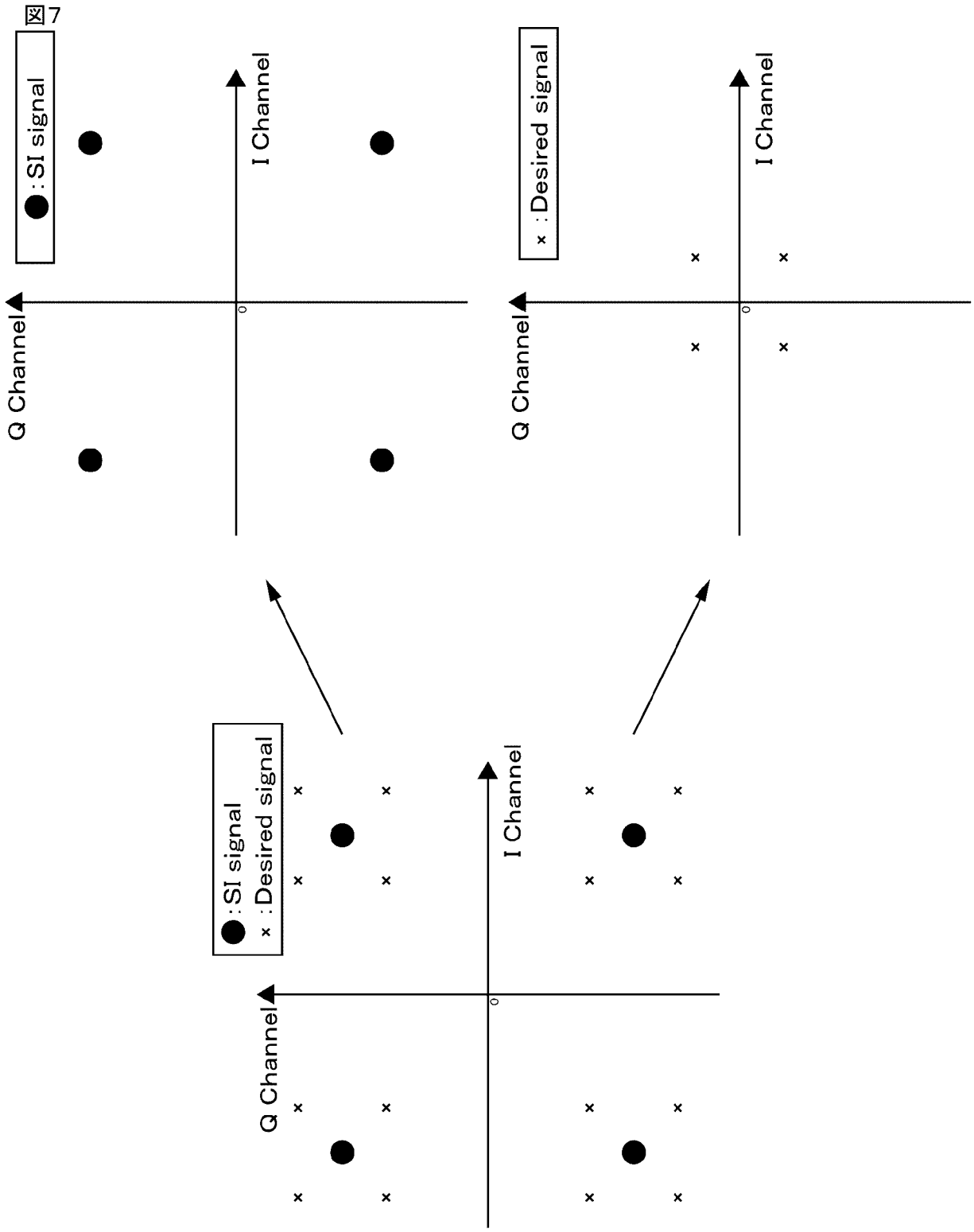
図6


A
Amplitude
I-Channel
Q-Channel
自己干渉信号
(SI signal)
+A
−A
Time
Eye pattern
所望信号 (Desired signal)のサンプリングタイミング


B
●:SI signal
×:Desired signal
Q Channel
+A
−A
o
+A
I Channel
−A

[図7]

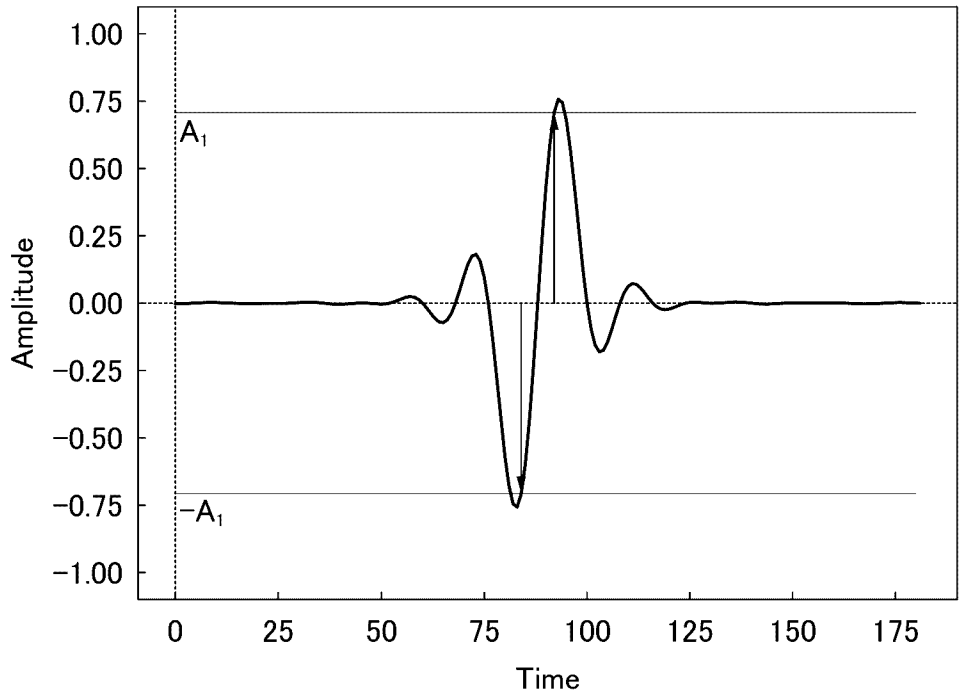
図7


●:SI signal
I Channel
Q Channel
0
×:Desired signal
I Channel
Q Channel
0
●:SI signal
×:Desired signal
I Channel
Q Channel
0

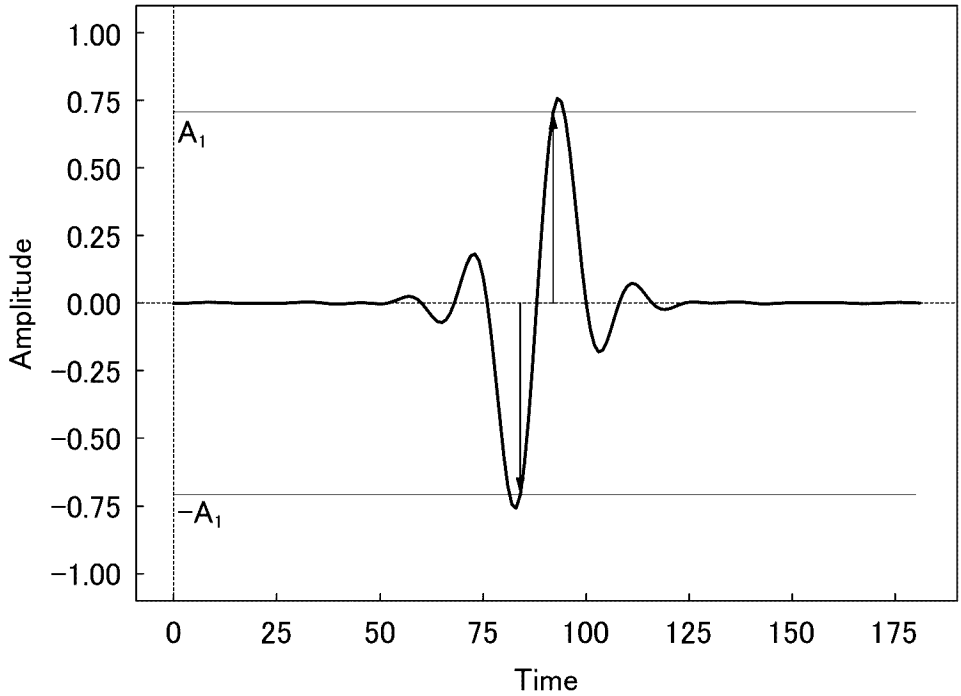
[図8]

図8

A


1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
−0.25
−0.50
−0.75
−1.00
Amplitude
A_1
$-A_1$
0
25
50
75
100
125
150
175
Time

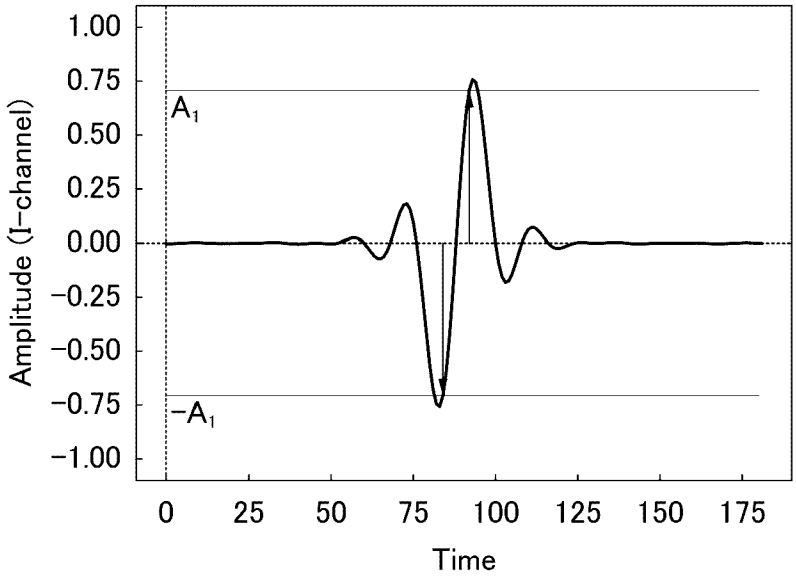
B


1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
−0.25
−0.50
−0.75
−1.00
Amplitude
A_1
$-A_1$
0
25
50
75
100
125
150
175
Time

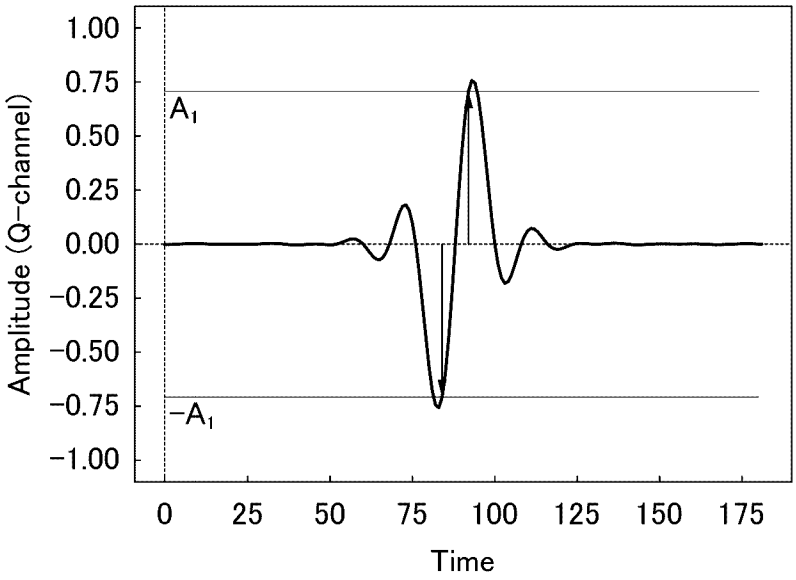
[図9]

図9

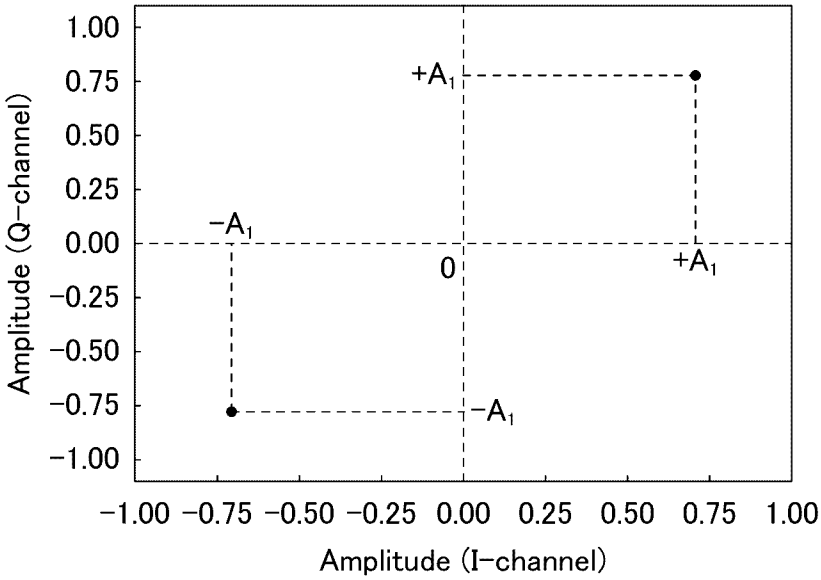
A


1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
−0.25
−0.50
−0.75
−1.00
A1
−A1
Amplitude (I−channel)
0
25
50
75
100
125
150
175
Time

B


1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
−0.25
−0.50
−0.75
−1.00
A1
−A1
Amplitude (Q−channel)
0
25
50
75
100
125
150
175
Time

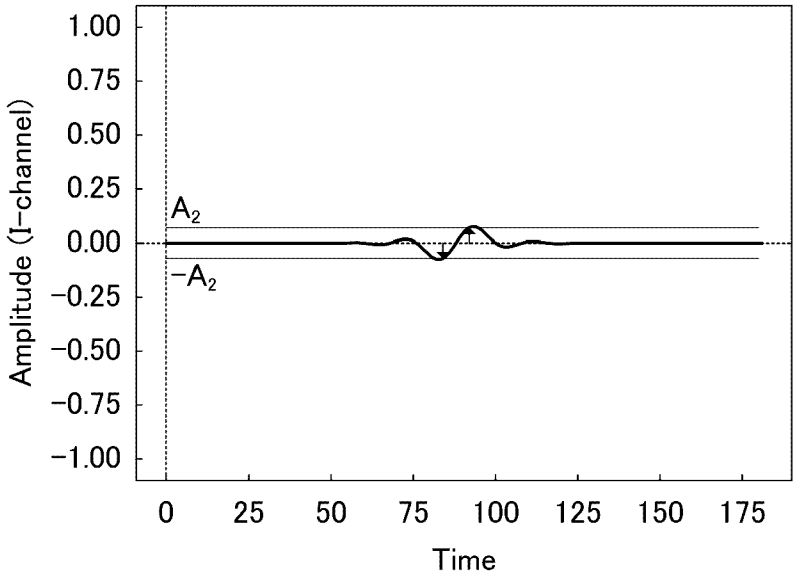
C


1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
−0.25
−0.50
−0.75
−1.00
+A1
−A1
0
+A1
−A1
Amplitude (Q−channel)
−1.00
−0.75
−0.50
−0.25
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
Amplitude (I−channel)

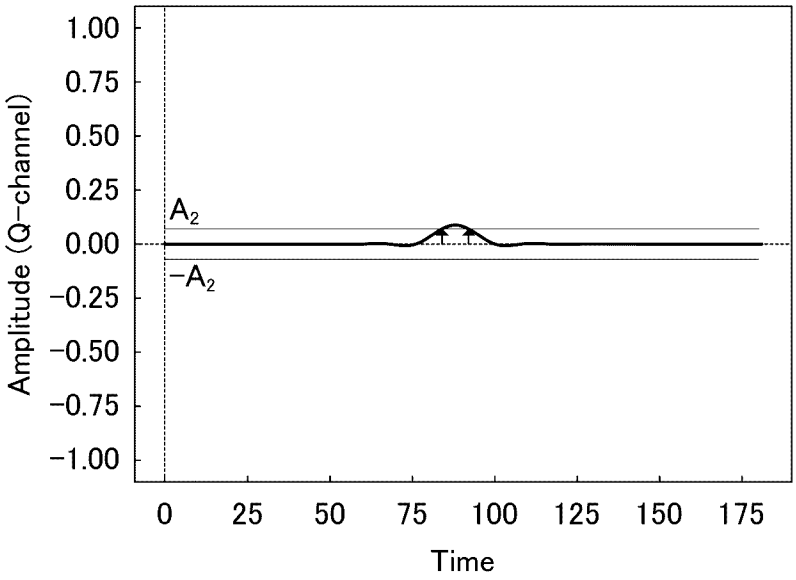
[図10]

図10

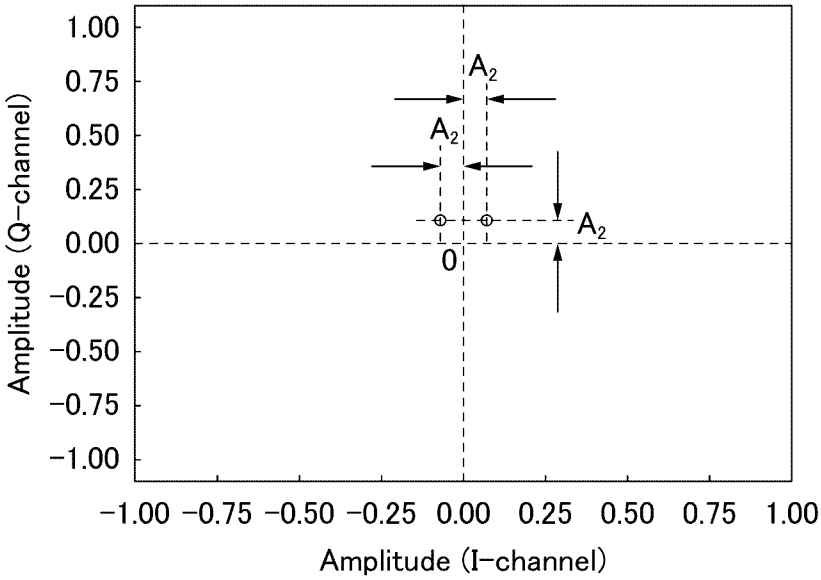
A


1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
−0.25
−0.50
−0.75
−1.00
Amplitude (I-channel)
A2
−A2
0
25
50
75
100
125
150
175
Time

B


1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
−0.25
−0.50
−0.75
−1.00
Amplitude (Q-channel)
A2
−A2
0
25
50
75
100
125
150
175
Time

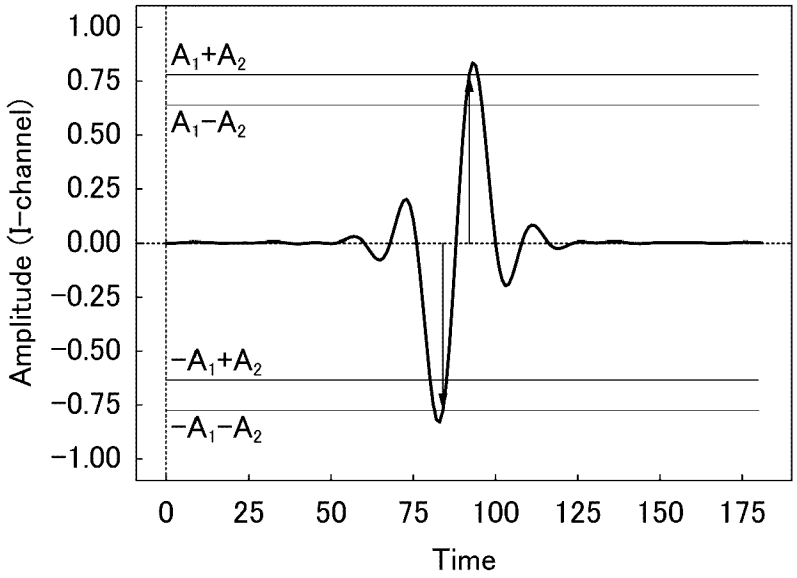
C


1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
−0.25
−0.50
−0.75
−1.00
Amplitude (Q-channel)
A2
A2
A2
0
−1.00 −0.75 −0.50 −0.25 0.00 0.25 0.50 0.75 1.00
Amplitude (I-channel)

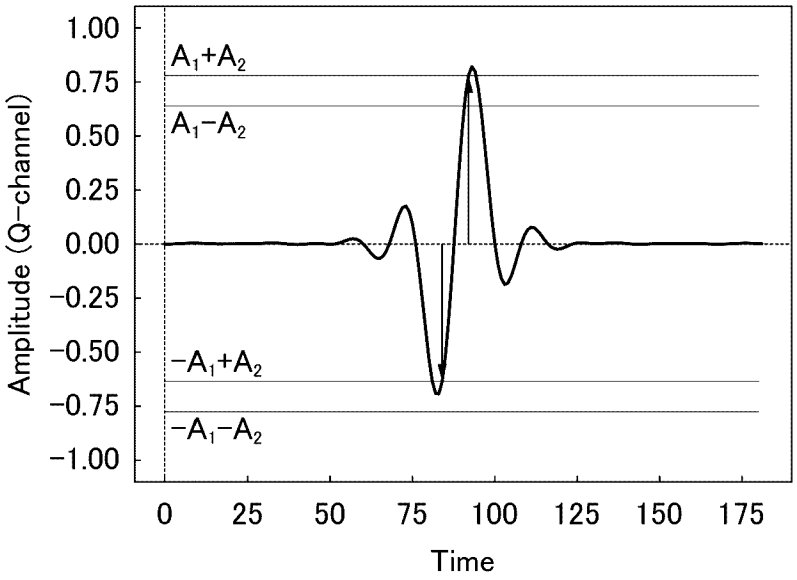
[図11]

図11

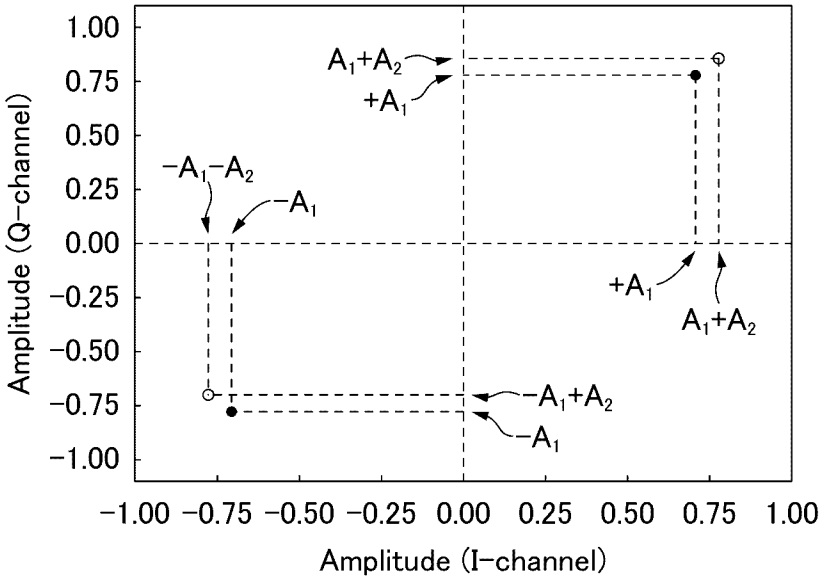
A


1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
−0.25
−0.50
−0.75
−1.00
A1+A2
A1−A2
−A1+A2
−A1−A2
Amplitude (I-channel)
0
25
50
75
100
125
150
175
Time

B

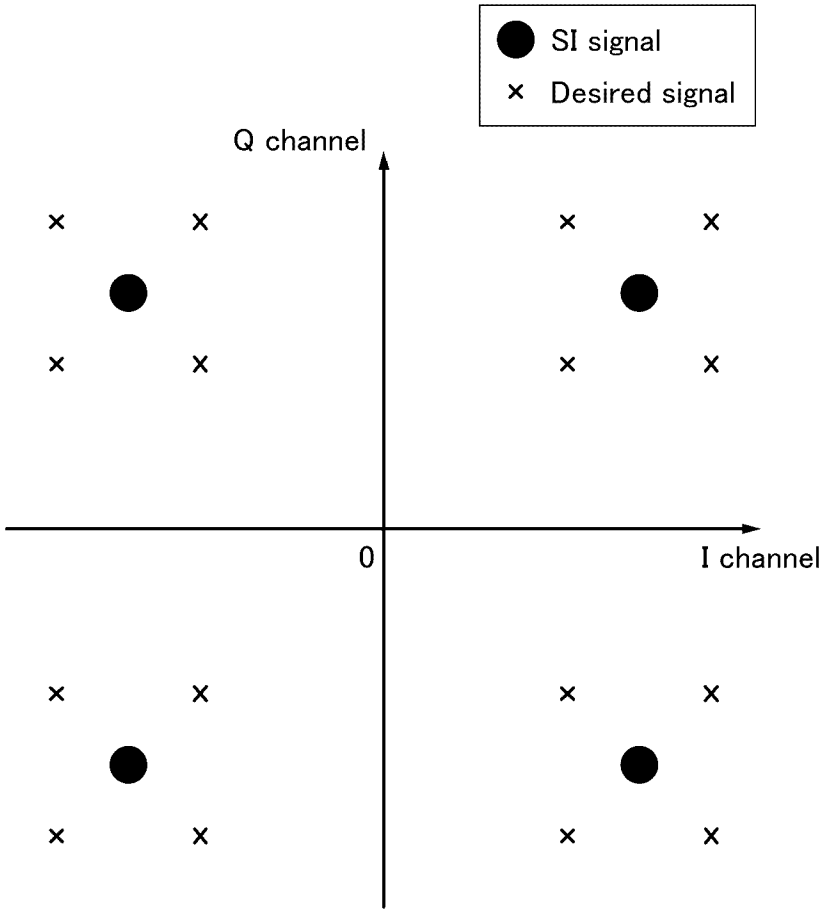

1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
−0.25
−0.50
−0.75
−1.00
A1+A2
A1−A2
−A1+A2
−A1−A2
Amplitude (Q-channel)
0
25
50
75
100
125
150
175
Time

C


1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
−0.25
−0.50
−0.75
−1.00
A1+A2
+A1
−A1−A2
−A1
+A1
A1+A2
−A1+A2
−A1
Amplitude (Q-channel)
−1.00
−0.75
−0.50
−0.25
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
Amplitude (I-channel)

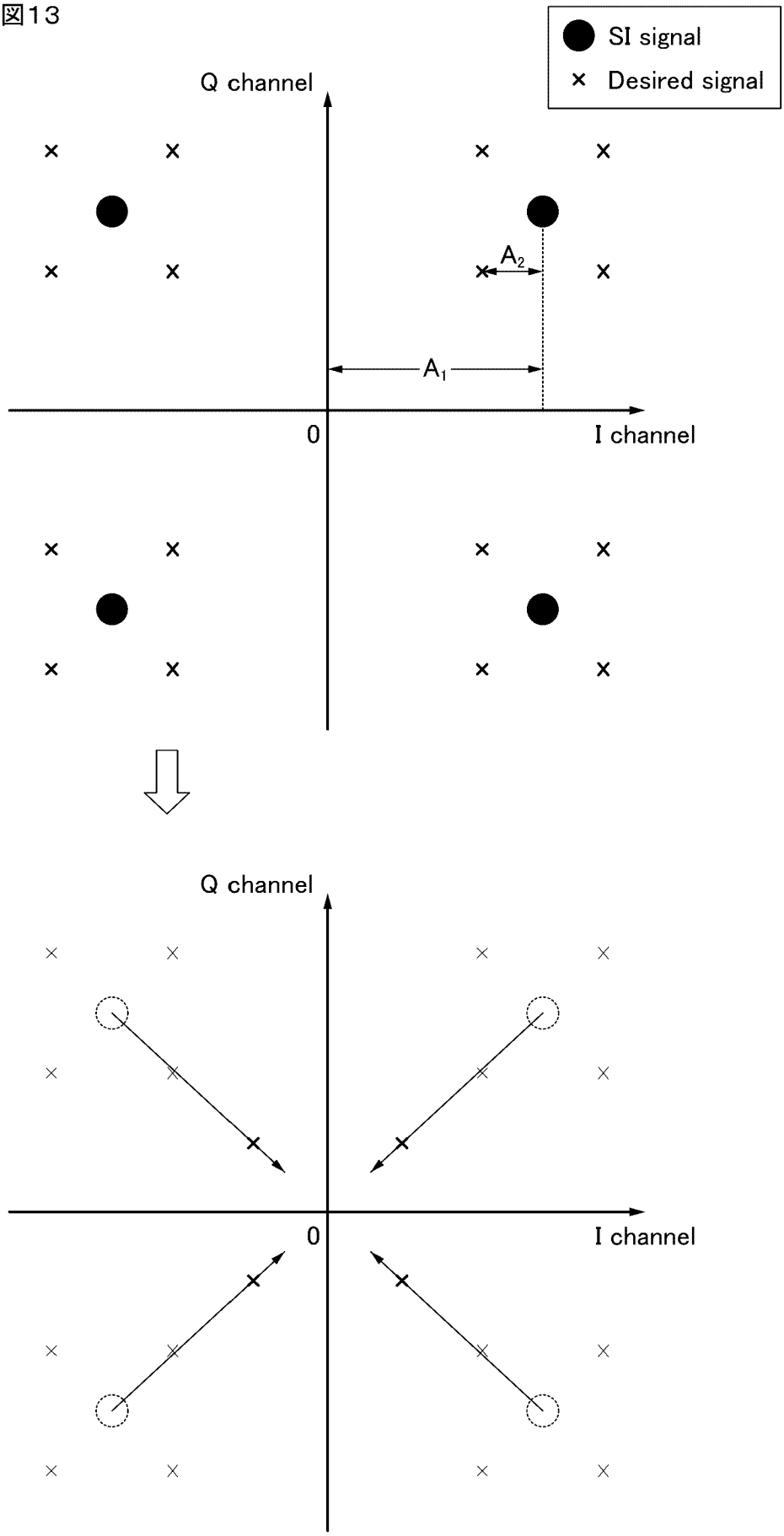
[図12]

図12



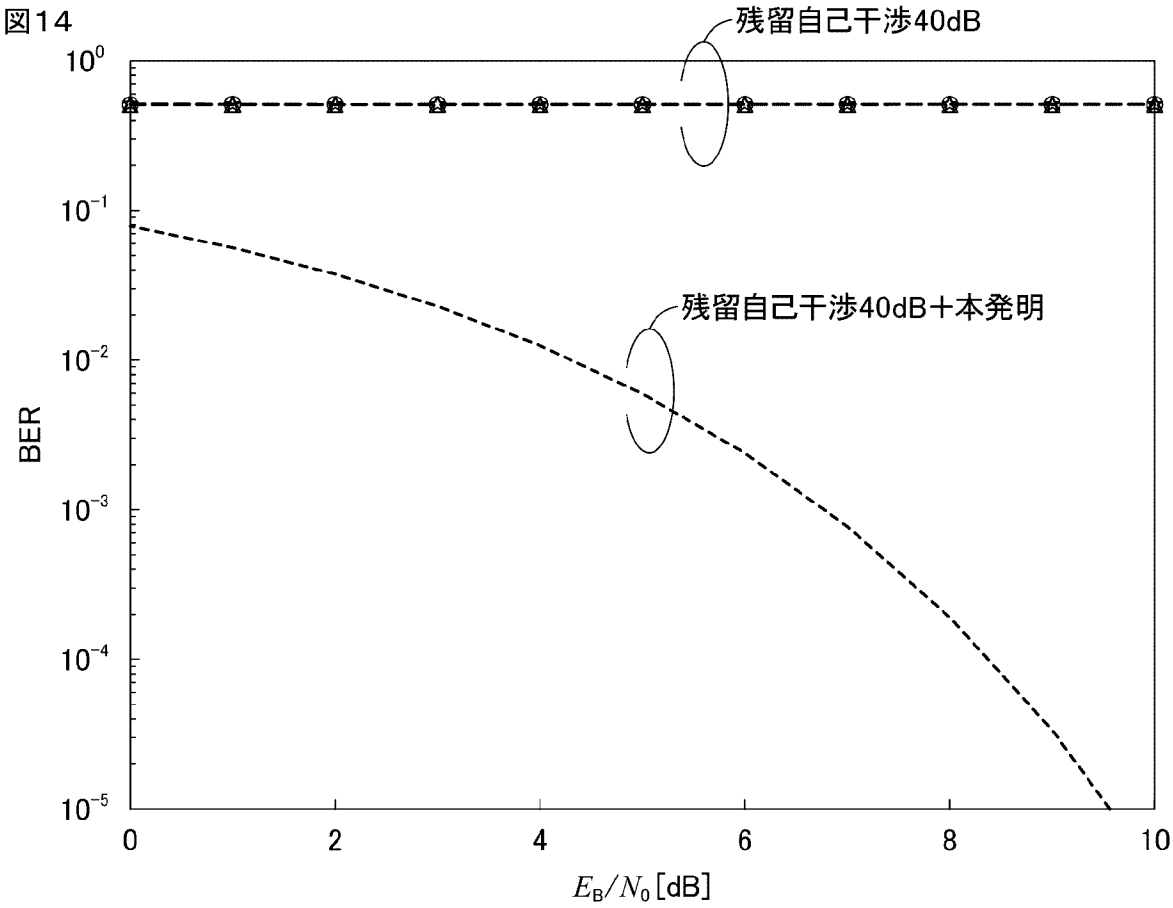
[図13]

図13


SI signal
Desired signal
Q channel
A2
A1
0
I channel
Q channel
0
I channel

[図14]

図14


残留自己干渉40dB
残留自己干渉40dB＋本発明
BER
10^{0}
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
10^{-5}
0
2
4
6
8
10
E_B/N_0[dB]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/007354

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H04L 5/02(2006.01)i; H04L 27/22(2006.01)
FI: H04L5/02; H04L27/22 F

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)
H04L5/02; H04L27/22

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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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	長谷川 剛, 5G 無線方式に向けたフルデュプレックス OFDM 送信タイミング制御の検討, 電子情報通信学会 2015 年通信ソサイエティ大会講演論文集 1, 25 August 2015, p. 265, sections 1-3, fig. 1, (HASEGAWA, Tsuyoshi, "Study of Full-Duplex OFDM Transmitting Timing Control for 5G Wireless Communication System", Lecture proceedings 1 of the 2015 communication society conference of IEICE)	1-5
Y	GANG, Qiao et al., "Self-Interference Channel Estimation Algorithm Based on Maximun-Likelihood Estimator in In-Band Full-Duplex Underwater Acoustic Communication System", IEEE ACCESS VOLUME 6, 2018, 16 October 2018, pp. 62324-62334, page 62326, right column, last paragraph, fig. 1, 3(a)	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	Date of mailing of the international search report
28 April 2021 (28.04.2021)	18 May 2021 (18.05.2021)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/007354

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2019/0327070 A1 (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 24 October 2019 (2019-10-24) paragraphs [0090]-[0091], fig. 4	1-5
A	JP 2019-193226 A (NTT DOCOMO, INC.) 31 October 2019 (2019-10-31) paragraphs [0041]-[0042], fig. 4	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/007354

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
US 2019/0327070 A1	24 Oct. 2019	KR 10-2019-0123442 A	
JP 2019-193226 A	31 Oct. 2019	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/007354

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H04L 5/02(2006.01)i; H04L 27/22(2006.01)i
FI: H04L5/02; H04L27/22 F

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））

H04L5/02; H04L27/22

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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	長谷川 剛，５Ｇ無線方式に向けたフルデュプレックスＯＦＤＭ送信タイミング制御の検討，電子情報通信学会２０１５年通信ソサイエティ大会講演論文集１，2015.08.25，p.265 第1-3節,図1	1-5
Y	GANG QIAO et al., Self-Interference Channel Estimation Algorithm Based on Maximun-Likelihood Estimator in In-Band Full-Duplex Underwater Acoustic Communication System, IEEE ACCESS VOLUME 6,2018, 2018.10.16, pp.62324-62334 第62326頁,右欄,最終段落,図1,図3(a)	1-5
Y	US 2019/0327070 A1 (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 24.10.2019 (2019-10-24) [0090]-[0091],図4	1-5
A	JP 2019-193226 A (株式会社ＮＴＴドコモ) 31.10.2019 (2019-10-31) [0041]-[0042],図4	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	国際調査報告の発送日
28.04.2021	18.05.2021

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）

吉江　一明 5K 5887

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/JP2021/007354

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
US 2019/0327070 A1	24.10.2019	KR 10-2019-0123442 A	
JP 2019-193226 A	31.10.2019	（ファミリーなし）	