

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年1月18日(18.01.2024)



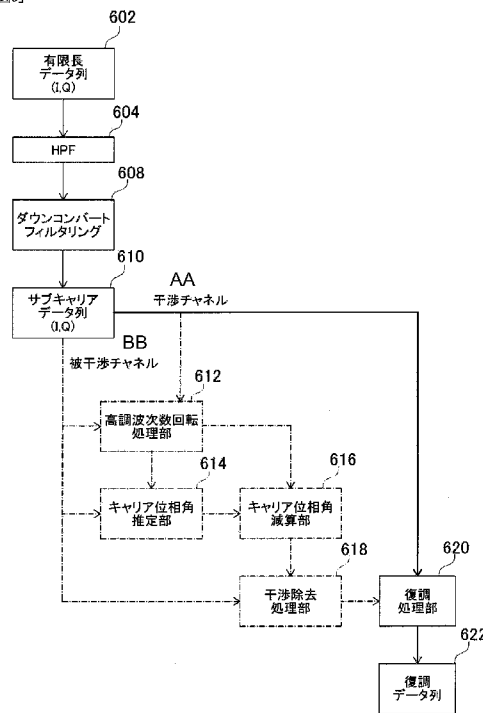
(10) 国際公開番号
WO 2024/014019 A1

- (51) 国際特許分類:
H04J 1/00 (2006.01) H04B 1/59 (2006.01)
H04B 1/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/005227
- (22) 国際出願日: 2023年2月15日(15.02.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2022-112663 2022年7月13日(13.07.2022) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソーウェーブ (DENSO WAVE INCORPORATED) [JP/JP];
〒4702297 愛知県知多郡阿久比町大字草木字芳池1 Aichi (JP). 慶應義塾(KEIO UNIVERSITY)
- [JP/JP]; 〒1088345 東京都港区三田2丁目15番45号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 三次 仁(MITSUGI, Jin); 〒2520882 神奈川県藤沢市遠藤5322 慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス内 Kanagawa (JP). 坂部 遥輝(SAKABE, Haruki); 〒4702297 愛知県知多郡阿久比町大字草木字芳池1 株式会社デンソーウェーブ内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 東田 潔(TOHTA, Kiyoshi); 〒1600004 東京都新宿区四谷2-12-5 四谷 I S Y ビル3階 P D I 特許商標事務所 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,

(54) Title: WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 無線通信システム

[図6]



- 602... Finite-length data string (I, Q)
608... Downconvert filtering
610... Subcarrier data string (I, Q)
612... Harmonic order rotation processing unit
614... Carrier phase angle estimation unit
616... Carrier phase angle subtraction unit
618... Interference removal processing unit
620... Demodulation processing unit
622... Demodulation data string
AA ... Interference channel
BB ... Interfered channel

(57) Abstract: A wireless communication system comprising a transmitter that transmits an unmodulated carrier wave, a plurality of passive terminals, and a receiver. Each of the plurality of passive terminals receives the carrier wave, superimposes a subcarrier with a predetermined frequency for each of the plurality of passive terminals on the backscatter of the carrier wave, modulates the subcarrier with a signal generated by a signal source using a predetermined modulation scheme, and transmits the backscatter. The receiver receives the plurality of backscatters transmitted from the plurality

CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

of passive terminals, generates a finite-length data string having an I component and a Q component, by performing frequency conversion and orthogonal transformation on the plurality of backscatters, and demodulates the signal of the signal source at each of the plurality of passive terminals by removing interference components from the finite-length data string.

(57) 要約: 無変調の搬送波を送信する送信機と、複数の受動型端末と、受信機と、を備え、前記複数の受動型端末の各々は、前記搬送波を受信し、前記複数の受動型端末の各々に予め周波数が定められた副搬送波を前記搬送波のバックスキャッターに重畳し、前記副搬送波を信号源が生成する信号で所定の変調方式を用いて変調し、前記バックスキャッターを送信し、前記受信機は、前記複数の受動型端末から送信される複数のバックスキャッターを受信し、前記複数のバックスキャッターに周波数変換及び直交変換を行うことでI成分とQ成分を有する有限長データ列を生成し、前記有限長データ列から干渉成分を除去して前記複数の受動型端末の各々における前記信号源の信号を復調する、無線通信システム。

明 細 書

発明の名称：無線通信システム

技術分野

[0001] 本開示は、複数の無線タグを利用する無線通信システムにおける高調波除去方式に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1に示されているように、無線通信システムで、高調波成分を除去する手法として、バンドパスフィルタを利用した手法がある。この手法は、受信信号に対するバンドパスフィルタ処理により得られたサブキャリアデータ列に回帰分析などを行うことでキャリア位相角を算出し、サブキャリアデータ列から得られる解析データ列およびキャリア位相角から角度データ列を生成し、角度データ列を高調波倍し、高調波倍した角度データ列およびキャリア位相角から高調波成分のレプリカを生成し、所望のサブキャリアデータ列から高調波成分のレプリカを減算することで、受信信号から高調波成分を除去する。

[0003] 特許文献2には、回路規模及び処理時間の増大を抑止しつつ干渉信号の影響を軽減することを可能とする受信装置と受信方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2017-200180号公報

特許文献2：特開2010-16785号公報

発明の概要

[0005] 特許文献1の手法では、高調波除去における計算量が増大することがある。具体的には、特許文献1の手法は、ベースバンドよりも高い周波数の信号をサンプリングする。そのため、ベースバンドの信号の場合と比べて、サンプリングレートが高く、計算量が多くなることがある。

[0006] 本開示は、高調波除去における計算量の増大を抑制することを可能にする

無線通信システムを提供する。

[0007] 本開示の一実施形態に係る無線通信システムは、無変調の搬送波を送信する送信機と、

複数の受動型端末と、

受信機と、

を備える無線通信システムであって、

前記複数の受動型端末の各々は、前記搬送波を受信し、前記複数の受動型端末の各々に予め周波数が定められた副搬送波を前記搬送波のバックスキャッターに重畳し、前記副搬送波を信号源が生成する信号で所定の変調方式を用いて変調し、前記バックスキャッターを送信し、

前記受信機は、前記複数の受動型端末から送信される複数のバックスキャッターを受信し、前記複数のバックスキャッターに周波数変換及び直交変換を行うことでI成分とQ成分を有する有限長データ列を生成し、前記有限長データ列から干渉成分を除去して前記複数の受動型端末の各々における前記信号源の信号を復調し、

前記受信機は、さらに、前記信号源の信号の復調前に、

前記有限長データ列をベースバンドまでダウンコンバートし、フィルタリングしてサブキャリアデータ列を生成し、

前記サブキャリアデータ列のうちの干渉チャンネルの第1サブキャリアデータ列に対して高調波次数の回転変換を行って第2サブキャリアデータ列を取得し、

前記サブキャリアデータ列のうちの被干渉チャンネルの第3サブキャリアデータ列および前記第2サブキャリアデータ列に基づき共分散行列を計算してキャリア位相角を推定し、

前記第2サブキャリアデータ列から前記キャリア位相角を減算して前記干渉成分としての高調波データ列を取得し、

前記第3サブキャリアデータ列から前記高調波データ列を減算する。

[0008] 本開示により、高調波除去における計算量の増大を抑制することが可能と

なる。

図面の簡単な説明

- [0009] [図1]本開示の一実施形態に係る無線通信システムの全体構成を示す概略ブロック図である。
- [図2]本開示の一実施形態に係るセンサ端末のハードウェア構成を示すブロック図である。
- [図3]本開示の一実施形態に係るインテロゲーターのハードウェア構成を示すブロック図である。
- [図4]本開示の一実施形態に係るI/Q変換部のブロック図である。
- [図5]本開示の一実施形態に係るソフトウェア受信部のハードウェア構成を示すブロック図である。
- [図6]本開示の一実施形態に係るソフトウェア受信部のソフトウェア機能を示すブロック図である。
- [図7]本開示の一実施形態に係るセンサ端末から受信される電波を模式的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0010] 本開示の一実施形態（以下、「本実施形態」という）の概要を説明する。

[0011] <無線通信システム100の全体構成>

図1は、本実施形態に係る無線通信システム100の全体構成を示す、概略ブロック図である。無線通信システム100は、受信機110、センサ端末200、およびインテロゲーター（interrogator）300を備える。図示しない航空機の機体またはトンネル等、大きな構造物である測定対象に、第1センサ端末200a、第2センサ端末200b、…第nセンサ端末200nが貼り付けられている。なお、第1センサ端末200a、第2センサ端末200b、…第nセンサ端末200nを区別しない場合には、これらを単にセンサ端末200と称する。

[0012] センサ端末200の近傍には、インテロゲーター300と、受信機110が設けられている。受信機110は、I/Q変換部400とソフトウェア受信

部500とを備える。インテロゲーター300は、ネットワーク130を通してソフトウェア受信部500に接続されている。

[0013] センサ端末200は、バックスキャッター（即ち後方散乱波）を用いる無線タグ、加速度センサ等のセンサ、およびアナログ変調回路を備える。アナログ変調回路は、例えばコイルおよびコンデンサにバリキャップが並列接続される位相変調器である。この位相変調器では、バリキャップに加速度センサの出力電圧が印加されることで、搬送波に位相変調が行われる。

[0014] リーダライタとも呼ばれるインテロゲーター300は、センサ端末200と双方向無線データ通信を行う機能と、無変調波を送信する機能と、を有する。

[0015] 第1センサ端末200a、第2センサ端末200b、…第nセンサ端末200nは、それぞれインテロゲーター300と所定の通信を行った後、インテロゲーター300から送信される無変調波を受信する。各センサ端末200は、当該無変調波のバックスキャッターに副搬送波を重畳し、センサが生成する信号で副搬送波を変調し、バックスキャッターを送信する。即ち、各センサ端末200は、無変調波を反射する。受信機110は、複数のセンサ端末200の各々から送信された電波を受信して、演算処理により各々のセンサの信号を復調する。

[0016] インテロゲーター300は、複数のセンサ端末200の各々に一意な副搬送波周波数を割り当てるための双方向通信を行う。インテロゲーター300は、その結果として作成されるセンサ端末リストを、ネットワーク130を通じて受信機110に送信する。受信機110は、センサ端末リストに基づき、受信したデータを解析して、復調処理を行う。

[0017] <無線通信システム100における無線通信手順>

本実施形態に係る無線通信システム100は、大きく二つの無線通信手順を行う。

[0018] 第一の手順として、インテロゲーター300は、複数のセンサ端末200から同時に測定信号を受信するに先立ち、複数のセンサ端末200の各々と

個別に無線データ通信を行う。この無線データ通信において、インテロゲーター300は、複数のセンサ端末200の各々に一意な副搬送波周波数を割り当てる。そして、インテロゲーター300は、複数のセンサ端末200の各々と副搬送波周波数との関係を示すセンサ端末リストを作成して、受信機110にセンサ端末リストを送信する。

[0019] 次に第二の手順として、インテロゲーター300は、無変調の搬送波を送信する。複数のセンサ端末200の各々は、受信した無変調波に、内蔵する加速度センサの信号で変調した副搬送波を重畳し、当該バックscatterを受信機110へ返信する。この時、インテロゲーター300は、搬送波源（即ち送信機）として機能する。

[0020] 受信機110は、複数のセンサ端末200から同時に複数のバックscatterを受信して、複数のバックscatterを有限長のデータ列に変換する。この有限長データ列には、複数のセンサ端末200の各々から同時に受信される信号が混在しているため、あるセンサ端末200の信号の復調においては、他のセンサ端末200の信号が干渉成分となる。そこで、後述するソフトウェア受信部500は、有限長データ列から干渉成分を除去し、目的とする受信信号の復調処理を行う。

[0021] 以下、本実施形態において、受信機110が行う、受信信号から干渉成分を除去する処理を「干渉除去」と呼ぶ。

[0022] <センサ端末リスト>

センサ端末リストは、複数のセンサ端末200の各々に設定された変調方式、副搬送波周波数、受信機110が受信した電波の強度と副搬送波周波数とにもとづいて決定された復調順を示す。具体的には、センサ端末リストは、複数のセンサ端末200の各々を一意に識別する端末ID (Identifier) が格納される端末IDフィールド、複数のセンサ端末200の各々に設定された変調方式が格納される変調方式フィールド、複数のセンサ端末200の各々に設定された副搬送波周波数が格納される副搬送波周波数フィールド、複数のセンサ端末200の各々の復調順が格納される復調順フィールドを含

む。

[0023] センサ端末200には、変調方式として任意のアナログ変調方式が設定されてよい。アナログ変調としては、位相変調（PM：Phase Modulation）以外にも周波数変調（FM：Frequency Modulation）等が利用可能である。なお、複数のセンサ端末200が全て同じ変調方式である場合は、センサ端末リストに変調方式フィールドは含まれない。

[0024] <センサ端末200>

図2は、センサ端末200のハードウェア構成を示すブロック図である。センサ端末200は、電池等の独立した電源を持たない代わりに、アンテナ214が受信した電波の電力を回路駆動電力に変換する電源部202を有する。即ち、センサ端末200は、受動型端末である。アンテナ214には電源部202の他に、変調部212、SPDT（Single Pole Double Throw）スイッチ204、および制御部208が接続されている。

[0025] SPDTスイッチ204は、副搬送波源206が出力する矩形波信号（即ち副搬送波）に応じて開放端204aと短絡端204bとを切り替えて、アンテナ214に接続する。SPDTスイッチ204によって、アンテナ214のインピーダンスは、副搬送波の周期で変化する。すると、アンテナ214から得られる無変調波の反射波（即ちバックscatter）に、副搬送波が重畳される。副搬送波源206によって生成される副搬送波の周波数は、制御部208が副搬送波源206を制御することによって決定される。制御部208は、第一の手順におけるインタロゲータ300との通信時に、インタロゲータ300から指示された周波数を記憶している。そして、制御部208は、第二の手順で、記憶していた周波数の副搬送波が生成されるように、副搬送波源206を制御する。

[0026] 変調部212には、信号源であるセンサ210が接続されている。センサ210は、例えば加速度センサ等の、交流信号を出力するセンサである。変調部212は、副搬送波に対し、センサ210の信号によって位相変調（PM）、周波数変調（FM）等の変調を行う。

[0027] センサ端末200は、以上の構成によって、無変調波源（即ち搬送波源）であるインテロゲータ300から送信される無変調波の反射波に副搬送波を重畳する。センサ端末200は、センサ210の信号によって副搬送波に位相変調、周波数変調またはパルス幅変調を行い、当該副搬送波が重畳された反射波を、アンテナ214から送信する。

[0028] <インテロゲータ300>

図3は、インテロゲータ300のハードウェア構成を示すブロック図である。アンテナ302が受信した電波は、局部発振器304、ミキサー306、およびLPF308を用いて、低い周波数の信号に変換される。変換された信号は、復調部310に入力され、復調された後、A/D（Analog/Digital）変換器312によってデジタルデータに変換されて、制御部314に入力される。制御部314は、例えばマイクロコントローラにより実装される。

[0029] 制御部314は、デジタルデータに含まれるセンサ端末200の情報を解釈して、センサ端末200に対する命令を生成する。当該命令を構成するデジタルデータは、D/A変換器316によってアナログ信号に変換された後、搬送波源320が生成する搬送波の変調部318による変調に用いられる。

[0030] 制御部314は、センサ端末200との対話処理によって、通信可能な範囲内に存在する全てのセンサ端末200を把握した後、全てのセンサ端末200に一意的な周波数の副搬送波の割り当てを行う。そして、制御部314は、センサ端末200と副搬送波周波数との対応関係を列挙したセンサ端末リスト322を作成し、センサ端末リスト322を、ネットワーク130を介して受信機110に送信する。すなわち、インテロゲータ300は、複数のセンサ端末200の各々に一意的な副搬送波を割り当てるための制御命令を、複数のセンサ端末200の各々に送信する機能を有する。

[0031] <IQ変換部400>

図4は、IQ変換部400のブロック図である。IQ変換部400は、ア

アンテナ402が受信した電波から信号を同調回路404で抽出した後、信号をRF (Radio Frequency) アンプ406で増幅する。RFアンプ406で増幅された信号(例えば高周波信号)は、第一ミキサー408および第二ミキサー410に入力される。第一ミキサー408には局部発振器412から出力される、電波の周波数より僅かに低い周波数の局発信号が入力される。第二ミキサー410には90°移相器414で90°位相をずらされた局発信号が入力される。

[0032] 第一ミキサー408は、RFアンプ406からのRF信号と局部発振器412からの局発信号とを積算し、RF信号と局発信号との周波数差の周波数信号を第一ローパスフィルタ(以下「LPF」)416に供給する。そして、第一LPF416から、アンテナ402が受信する電波の周波数から局部発振器412が出力する局発信号の周波数が減算されたI信号が出力される。

[0033] 同様に、第二ミキサー410は、RFアンプ406からのRF信号と、90°移相器414により90°位相がずらされた局発信号と、を積算し、RF信号と局発信号との周波数差の周波数信号を第二LPF418に供給する。そして、第二LPF418から、アンテナ402が受信する電波の周波数から90°移相された局発信号の周波数が減算されたQ信号が出力される。

[0034] 局部発振器412、第一ミキサー408、90°移相器414、第二ミキサー410、第一LPF416及び第二LPF418は、直交検波回路(即ちクワドラチャミキサー)を構成する。

[0035] I信号およびQ信号は、A/D変換器420によってデジタルデータに変換されて、ソフトウェア受信部500に出力される。

[0036] IQ変換部400は、直交検波回路を用いたダウンコンバーターの機能と、A/D変換器420によるA/D変換の機能と、を有する。

[0037] <ソフトウェア受信部500のハードウェア構成>

図5は、ソフトウェア受信部500のハードウェア構成を示すブロック図である。ソフトウェア受信部500は、例えばパーソナルコンピュータ等の

計算機により実装される。ソフトウェア受信部500は、バス518に接続されたCPU (Central Processing Unit) 502、ROM (Read Only Memory) 504、RAM (Random Access Memory) 506、液晶ディスプレイ等の表示部510、キーボードおよびマウス等の操作部512、並びにハードディスク装置等の不揮発性ストレージ514を備える。バス518にはこの他に、インテロゲーター300およびIQ変換部400と通信を行うためのNIC (Network Interface Card) 516が接続されている。ソフトウェア受信部500は、一般的な計算機であり、不揮発性ストレージ514に格納されているプログラムを実行することで、ソフトウェア受信部500としての機能を実現する。

[0038] <ソフトウェア受信部500のソフトウェア機能>

図6は、ソフトウェア受信部500のソフトウェア機能を示すブロック図である。IQ変換部400から受信された、IデータおよびQデータよりなるデータは、処理対象となる有限長データ列602として一旦RAM506 (図5参照) に記憶される。IデータおよびQデータよりなる有限長データ列602は、先ずハイパスフィルタ (以下「HPF」) 604に入力され、HPF604によってDC (Direct Current) オフセット成分 (即ち直流分) が除去される。ハイパスフィルタは、必要に応じて設けられてよい。

[0039] HPF604から出力される有限長データ列602は、次に、ダウンコンバートおよびフィルタリング処理部608で、ベースバンドまでダウンコンバートされ、フィルタリングされることによって、各副搬送波成分のサブキャリアデータ列610が取り出される。その結果、有限長データ列602に対してキャリア除去が行われる。なお、フィルタリングの後にベースバンドへのダウンコンバートが行われてもよいし、ダウンコンバートの後にフィルタリングが行われてもよい。

[0040] 図7は、センサ端末200から受信される電波を模式的に示す図である。実機においてはn個のセンサ端末200に対して、数十チャンネル、もしくはそれ以上のチャンネルが設けられる。しかし、ここでは、図7中に示すキャリ

アに重畳された周波数 f_1 のサブキャリア 1（即ち、干渉チャネル）と、キャリアに重畳された周波数 f_2 のサブキャリア 2（被干渉チャネル）の 2 チャネルのみ取り上げて説明する。

[0041] ここで、キャリアの周波数 f_c は、例えば 900MHz に設定されている。図 1 中の第 1 センサ端末 200a にサブキャリア 1 が割り当てられる。サブキャリア 1 の周波数 f_{s1} は、100kHz である。キャリアに重畳されたサブキャリア 1 の周波数 f_1 は、 $f_c + f_{s1}$ である。

[0042] 図 1 中の第 2 センサ端末 200b にサブキャリア 2 が割り当てられる。サブキャリア 2 の周波数 f_{s2} は、300kHz である。即ち、 f_{s2} は、サブキャリア 1 の周波数 f_{s1} （即ち 100kHz）の 3 倍である。キャリアに重畳されたサブキャリア 2 の周波数 f_2 は、 $f_c + f_{s2}$ である。サブキャリア 2 の周波数 f_{s2} は次式で表すことができる。

$$f_{s2} = f_{s1} \times 3$$

ここで、周波数の奇数（3、5、7、9、11、・・・）倍で高調波が発生する。そのため、干渉チャネルの高調波が被干渉チャネルのノイズ（即ち干渉成分）となる。

[0043] サブキャリアデータ列 610 のうち、干渉チャネルのサブキャリア 1 の I データおよび Q データよりなる有限長データ列 s_{1*} 、

$$s_{1*} = (s_{1_1}, s_{1_2}, s_{1_3}, \dots, s_{1_n-1}, s_{1_n}), \quad n = \text{サンプル数}$$

が、復調処理部 620 に入力される。そして、復調処理部 620 から出力される復調データ列 622 を介して、第 1 センサ端末 200a からのサブキャリア位相値 θ が復調される。各 s_{1_1} 、 s_{1_2} 、・・・は、サブキャリア 1 のサンプリングにより得られるサンプリング周期毎の I データおよび Q データから成る。

[0044] サブキャリアデータ列 610 のうち、被干渉チャネルのサブキャリア 2 の I データおよび Q データよりなる有限長データ列 s_{3*} 、

$$s_{3*} = (s_{3_1}, s_{3_2}, s_{3_3}, \dots, s_{3_n-1}, s_{3_n}), \quad n = \text{サンプル数}$$

が、高調波次数回転処理部 612、キャリア位相角推定部 614、干渉除

去処理部 618 に入力される。

[0045] 高調波次数回転処理部 612 は、干渉チャネルのサブキャリアデータ列に対して高調波次数の回転変換を行う。具体的には、高調波次数回転処理部 612 は、干渉チャネルであるサブキャリア 1 のサブキャリアデータ列に、被干渉チャネルであるサブキャリア 2 に対応する高調波次数（ここでは、3）の回転変換が行われる。

高調波次数の回転変換により得られる値 s_γ は、次式で表される。

$$s_\gamma = |s_1| e^{j3\angle s_1}$$

$$3\angle s_1 = 3\theta + 3\phi$$

[0046] ここで、 θ は、サブキャリア 1 のサブキャリア位相角で、第 1 センサ端末 200a からの情報に対応する。 ϕ は、サブキャリア 1 のキャリア位相角である。インテロゲータ 300 から送信されるキャリアが第 1 センサ端末 200a によって反射されて受信機 110 に到達する際に、キャリアの伝搬経路の長さに応じてキャリアの位相遅れが生じる。当該位相遅れ（換言すると位相差）がサブキャリア 1 の位相差 ϕ である。位相差 ϕ は、インテロゲータ 300 とセンサ端末 200 との距離により決まる値で、センサ端末 200 に割り当てられるサブキャリア毎に異なる。

[0047] ここでは、有限長データ列 s_1^* の振幅値が $|s_1|$ で、有限長データ列 s_1^* は $\theta + \phi$ の角度成分を持っている。 s_γ は $\theta + \phi$ の角度成分が 3 倍にされたものである。例えば、有限長データ列 s_1^* の、I/Q 平面上での角度 ($\theta + \phi$) が 60 度である場合、高調波次数の回転変換によって当該角度は 180 度になる。

[0048] 有限長データ列 s_3^* は次式で表される。

$$s_3^* = s_3 + \beta s_\gamma e^{-j2\phi}$$

ここで、 s_3 は、有限長データ列 s_3^* 中のサブキャリア 2 由来の成分である。

$\beta s_\gamma e^{-j2\phi}$ は、サブキャリア 2 に重畳されたサブキャリア 1 由来の高調波成分である。

[0049] キャリア位相角推定部 614 は、被干渉チャネルのサブキャリアデータ列と

高調波次数の回転変換が行われたサブキャリアデータ列とに基づき、共分散行列を計算してキャリア位相角を推定する。即ち、サブキャリア2（即ち被干渉チャネル）の有限長データ列 s_3^* と高調波次数の回転変換が行われたサブキャリアデータ列 s_γ とに基づき、共分散行列が計算される。有限長データ列 s_3^* および高調波次数の回転変換が行われたサブキャリアデータ列 s_γ は、観測できる既知の値である。

[0050] s_3^{*T} に $s_3^* = s_3 + \beta s_\gamma e^{-j2\phi}$ が代入される。

s_3^{*T} は、 s_3^* の転置行列である。

$s_3^* = (s_{3_1}, s_{3_2}, s_{3_3} \dots s_{3_n-1}, s_{3_n})$ 、 n = サンプル数

$$\begin{aligned} C &= E(s_\gamma s_3^{*T}) = E(s_\gamma (\beta s_\gamma^T e^{-j2\phi^T} + s_3^T)) \\ &= \beta E(s_\gamma s_\gamma^T e^{-j2\phi^T}) + E(s_\gamma s_3^T) \end{aligned}$$

上の式の右辺の第2項である $E(s_\gamma s_3^T)$ は、 s_γ と s_3 とが独立していて s_γ と s_3 との間に相関性が無い。具体的には、 s_γ は、第1センサ端末200aに起因するパラメータであり、 s_3 は、第2センサ端末200bに起因するパラメータであるため、 s_γ と s_3 との間に相関性が無いと言える。そのため、 $E(s_\gamma s_3^T)$ は、共分散行列の計算により消える。換言すると、キャリア位相角推定部614は、計算の過程で生じる $E(s_\gamma s_3^T)$ を用いずに、 $E(s_\gamma s_3^{*T})$ を計算する。即ち、次式のように計算が行われる。

$$E(s_\gamma s_3^{*T}) = \beta E(s_\gamma s_\gamma^T e^{-j2\phi^T}) \quad (0)$$

[0051] 式(0)の右辺の $s_\gamma s_\gamma^T e^{-j2\phi^T}$ の $s_\gamma^T e^{-j2\phi^T}$ を s_γ' とおくと、 s_γ 、 s_γ' は以下で表される。

[数1]

$$s_\gamma = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = |s_\gamma| \begin{bmatrix} \cos(3\theta + 3\psi) \\ \sin(3\theta + 3\psi) \end{bmatrix}, s_\gamma' = \begin{bmatrix} x_1' \\ y_1' \end{bmatrix} = |s_\gamma| \begin{bmatrix} \cos(3\theta + \psi) \\ \sin(3\theta + \psi) \end{bmatrix}$$

式(0)の右辺は数1を代入することで、以下の行列でも表される。

[数2]

$$\begin{aligned}
 C &= \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix} \\
 &= \gamma \begin{bmatrix} \cos(3\theta + 3\psi) \cos(3\theta + \psi) & \cos(3\theta + 3\psi) \sin(3\theta + \psi) \\ \sin(3\theta + 3\psi) \cos(3\theta + \psi) & \sin(3\theta + 3\psi) \sin(3\theta + \psi) \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

数2の下段の行列は既知の値である式(0)の左辺と等しい。

C_{11} : I信号の共分散

C_{22} : Q信号の共分散

C_{12} 、 C_{21} : I信号、Q信号の共分散

[0052] $C_{11} + C_{22}$ および $C_{12} - C_{21}$ が加法定理で導出される。

[数3]

$$\begin{aligned}
 C_{11} + C_{22} &= \gamma \cos(2\psi) \\
 C_{12} - C_{21} &= -\gamma \sin(2\psi)
 \end{aligned}$$

$$\gamma = \sqrt{(C_{11} + C_{22})^2 + (C_{12} - C_{21})^2},$$

$$\begin{aligned}
 \cos(-2\psi) &= \frac{C_{11} + C_{22}}{\sqrt{(C_{11} + C_{22})^2 + (C_{12} - C_{21})^2}} \\
 \sin(-2\psi) &= \frac{C_{12} - C_{21}}{\sqrt{(C_{11} + C_{22})^2 + (C_{12} - C_{21})^2}}
 \end{aligned}$$

数3から、 ψ が求められる。

[0053] 図6中に示すキャリア位相角減算部616は、キャリア位相角推定部614で求められたキャリア位相角 ψ を基に、高調波レプリカ $\gamma = e^{-j2\psi} s_\gamma$ を計算する。即ち、キャリア位相角減算部616は、高調波次数の回転変換が行われたサブキャリアデータ列からキャリア位相角を減算して高調波データ列

を得る。例えば、サブキャリア周波数が100kHzで高調波次数が3である高調波データの場合、I/Q平面上で高調波データの角度は、(100kHzのサブキャリアのキャリア位相角) + (100kHzのサブキャリアのサブキャリア位相角×3)である。本実施形態では、干渉チャネルの高調波次数の回転変換が行われた後に、回転し過ぎた位相角を戻す回転変換が行われる。高調波次数の回転変換が行われたサブキャリアデータ列からキャリア位相角 2ϕ を減算することは、高調波次数の回転変換が行われたサブキャリアデータ列について位相角を 2ϕ 分戻すことに相当する。

[0054] 図6中に示す干渉除去処理部618は、有限長データ列 s_3^* から高調波レプリカ γ を減算することで、サブキャリア2のサブキャリアデータ列から、サブキャリア2に重畳された高調波成分が取り除かれたサブキャリアデータ列に相当する s_3 を求める。即ち、サブキャリア2のサブキャリアデータ列から高調波データ列を減算する。高調波レプリカ $\gamma = e^{-j2\phi} s_\gamma$ を減算することは、サブキャリアSC2の干渉成分を除去することに相当する。

[0055] 重畳された高調波成分が取り除かれた有限長データ列 S_3 が復調処理部620へ入力される。そして、復調処理部620から出力される復調データ列622を介して、第2センサ端末200bからのサブキャリア位相値 θ_2 が復調される。

[0056] 上記の本実施形態では、高調波次数が3で周波数 f_{s_2} が300kHzのサブキャリア2に関して説明したが、本実施形態は、これに限定されない。例えば、第3センサ端末200cにサブキャリア3が割り当てられる。サブキャリア3の周波数 f_{s_3} は、サブキャリア1の周波数 f_{s_1} (即ち100kHz)の5倍である。この場合、次の様に高調波次数の回転変換が行われる。

高調波次数の回転変換により得られる値 s_{γ_2} は、次式で表される。

$$s_{\gamma_2} = |s_1| e^{j5\angle s_1}$$

$$5\angle s_1 = 5\theta_3 + 5\phi_3$$

[0057] キャリア位相角推定部614は、被干渉チャネルであるサブキャリア3のキャリアデータ列 s_5^* と高調波次数の回転変換が行われたサブキャリアデー

タ列とに基づきキャリア位相角 ϕ_3 を推定する。キャリア位相角減算部616は、高調波次数の回転変換が行われたサブキャリアデータ列とキャリア位相角 ϕ_3 とに基づき高調波レプリカ γ_2 を計算する。即ち、キャリア位相角減算部616は、高調波次数の回転変換が行われたサブキャリアデータ列について位相角を 4ϕ 分戻す。

[0058] 干渉除去処理部618は、有限長データ列 s_5^* から高調波レプリカ γ_2 を減算することで、サブキャリア3のサブキャリアデータ列から、サブキャリア3に重畳された高調波成分が取り除かれたサブキャリアデータ列に相当する s_5 を求める。即ち、干渉除去処理部618は、高調波レプリカ $\gamma = e^{-j4\phi_3} s_{\gamma_2}$ を減算し、干渉成分を除去する。

[0059] また、例えば、第4センサ端末200dにサブキャリア4が割り当てられる。サブキャリア4の周波数 $f_{s,4}$ は、サブキャリア1の周波数 $f_{s,1}$ （即ち100KHz）の9倍である。この場合、サブキャリア4は、サブキャリア1の9倍の高調波成分と、サブキャリア2の3倍の高調波成分とが重畳される。

[0060] この場合、サブキャリア4について、サブキャリア1の9倍の高調波成分の除去と、サブキャリア2の3倍の高調波成分の除去とを逐次行うことで、サブキャリア4の高調波成分が除去される。なお、複数の高調波成分が重畳される周波数をセンサ端末200にサブキャリアとして割り当てないとしてもよい。

[0061] このように、本実施形態に係る無線通信システム100は、
無変調の搬送波を送信するインテロゲーター300と、
複数のセンサ端末200と、
受信機110と、
を備え、

前記複数のセンサ端末200の各々は、前記搬送波を受信し、前記複数のセンサ端末200の各々に予め周波数が定められた副搬送波を前記搬送波のバックscatterに重畳し、前記副搬送波をセンサ210が生成する信号

で所定の変調方式を用いて変調し、前記バックスキャッターを送信し、

前記受信機 110 は、前記複数のセンサ端末 200 から送信される複数のバックスキャッターを受信し、前記複数のバックスキャッターに周波数変換及び直交変換を行うことで I 成分と Q 成分を有する有限長データ列 602 を生成し、前記有限長データ列 602 から干渉成分を除去して前記複数のセンサ端末 200 の各々における前記センサ 210 の信号を復調し、

前記受信機 110 は、さらに、前記センサ 210 の信号の復調前に、

前記有限長データ列 602 をベースバンドまでダウンコンバートし、フィルタリングしてサブキャリアデータ列 610 を生成し、

前記サブキャリアデータ列 610 のうちの干渉チャンネルの第 1 サブキャリアデータ列に対して高調波次数の回転変換を行って第 2 サブキャリアデータ列を取得し、

前記サブキャリアデータ列 610 のうちの被干渉チャンネルの第 3 サブキャリアデータ列および前記第 2 サブキャリアデータ列に基づき共分散行列を計算してキャリア位相角を推定し、

前記第 2 サブキャリアデータ列から前記キャリア位相角を減算して前記干渉成分としての高調波データ列を取得し、

前記第 3 サブキャリアデータ列から前記高調波データ列を減算する。

[0062] 換言すると、本実施形態に係る無線通信システム 100 は、フィルタリングしてベースバンドまでダウンコンバートした信号、又は、ベースバンドまでダウンコンバートしてフィルタリングした信号のキャリア位相角およびサブキャリア位相角を区別する。具体的には、無線通信システム 100 は、被干渉チャンネルのベースバンド信号と、干渉チャンネルのベースバンド信号であって高周波次数の回転変換されたベースバンド信号と、に基づき共分散行列を計算し、被干渉チャンネル信号および干渉チャンネル信号との独立性を利用して干渉チャンネルのキャリア位相角を求める。無線通信システム 100 は、高調波次数の回転変換により余分に回転されたキャリア位相角を高周波次数の回転変換された干渉チャンネルのベースバンド信号から減算することで高調波

レプリカを生成し、被干渉チャネルのベースバンド信号から高調波レプリカを除去する。

[0063] これにより、高調波除去における計算量の増大を抑制することができる。具体的には、受信信号をベースバンドまでダウンコンバートして高調波除去を行うことにより、受信信号のサンプリングレートが低減される。その結果、高調波除去における計算量を低減することができる。さらに、高調波除去における計算量が低減されることにより、高調波除去を行う回路の規模の増大を抑制することができる。換言すると、ダウンコンバートされた受信信号で高調波を除去できる（即ちベースバンド信号処理ができる）ため、サンプリングレートが下がり、同一の回路規模でより多くの受動型端末（即ちセンサ端末 200）との通信が可能になる。

[0064] 従来技術では、受信信号をベースバンドまでダウンコンバートして高調波除去を行う場合、キャリア位相角とサブキャリア位相角とを区別することが困難である。即ち、キャリア位相角を推定することが困難である。しかし、本実施形態に係る無線通信システム 100 では、第 2 サブキャリアデータ列および第 3 サブキャリアデータ列に基づき計算される共分散行列を用いてキャリア位相角を推定する。これにより、ダウンコンバートを伴う高調波除去が可能となる。

[0065] 以上、本開示の実施形態について説明したが、本開示は、上記実施形態に限定されるものではなく、本開示の要旨を逸脱しない限りにおいて、他の変形例および応用例を含む。例えば、上記した実施形態では、本開示をわかりやすく説明するために、装置及びシステムの構成が詳細かつ具体的に説明されているが、必ずしも説明した全ての構成が備えられなくてもよい。また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることは可能である。更にはある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることも可能である。

[0066] また、上記実施形態の構成、機能、処理部等は、それらの一部又は全部を

、例えば集積回路で設計するなどによりハードウェアで実現されてもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するためのプログラム、即ちソフトウェアで実現されてもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリ、ハードディスク、SSD (Solid State Drive) 等の揮発性または不揮発性のストレージ、あるいは、IC (Integrated Circuit) カード、光ディスク等の記録媒体に保持され得る。また、制御線および情報線は、説明上必要と考えられるものを示しており、必ずしもすべての制御線および情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていてもよい。

請求の範囲

[請求項1]

無変調の搬送波を送信する送信機と、
複数の受動型端末と、
受信機と、
を備える無線通信システムであって、

前記複数の受動型端末の各々は、前記搬送波を受信し、前記複数の受動型端末の各々に予め周波数が定められた副搬送波を前記搬送波のバックscatterに重畳し、前記副搬送波を信号源が生成する信号で所定の変調方式を用いて変調し、前記バックscatterを送信し、

前記受信機は、前記複数の受動型端末から送信される複数のバックscatterを受信し、前記複数のバックscatterに周波数変換及び直交変換を行うことでI成分とQ成分を有する有限長データ列を生成し、前記有限長データ列から干渉成分を除去して前記複数の受動型端末の各々における前記信号源の信号を復調し、

前記受信機は、さらに、前記信号源の信号の復調前に、

前記有限長データ列をベースバンドまでダウンコンバートし、フィルタリングしてサブキャリアデータ列を生成し、

前記サブキャリアデータ列のうちの干渉チャンネルの第1サブキャリアデータ列に対して高調波次数の回転変換を行って第2サブキャリアデータ列を取得し、

前記サブキャリアデータ列のうちの被干渉チャンネルの第3サブキャリアデータ列および前記第2サブキャリアデータ列に基づき共分散行列を計算してキャリア位相角を推定し、

前記第2サブキャリアデータ列から前記キャリア位相角を減算して前記干渉成分としての高調波データ列を取得し、

前記第3サブキャリアデータ列から前記高調波データ列を減算する、

無線通信システム。

[請求項2]

請求項1の無線通信システムの前記受信機は、

前記キャリア位相角の推定での共分散行列の計算において、

前記被干渉チャネルの高調波成分を含まないサブキャリアデータ列と前記第2サブキャリアデータ列とに基づく共分散行列を用いずに、前記第3サブキャリアデータ列および前記第2サブキャリアデータ列に基づく共分散行列を計算する。

[請求項3]

請求項1の無線通信システムであって、

前記受信機は、ハイパスフィルタを備え、

前記有限長データ列をベースバンドまでダウンコンバートし、フィルタリングして前記サブキャリアデータ列を生成する前に、前記ハイパスフィルタを用いて前記有限長データ列から直流分を除去する。

[図1]

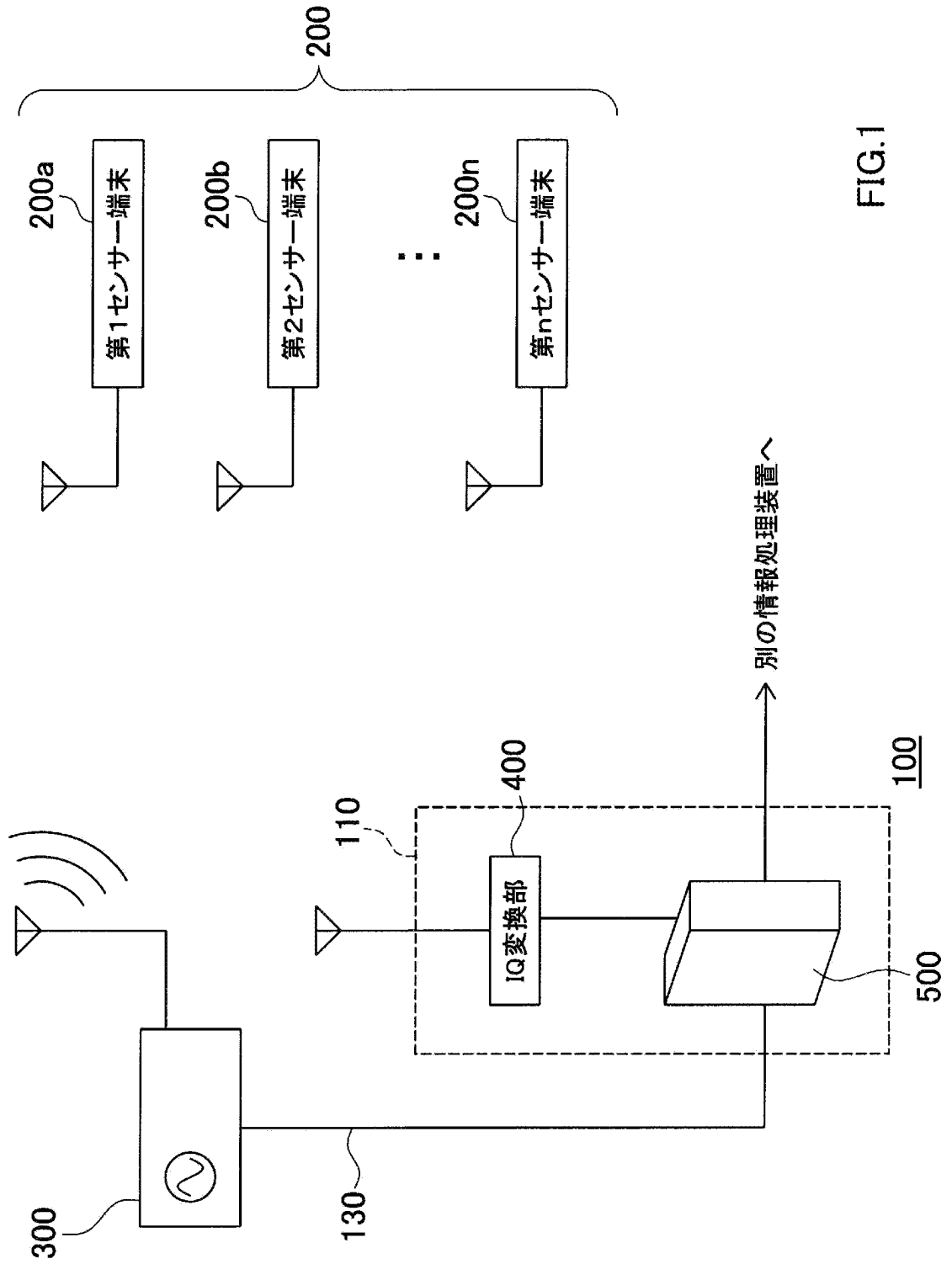
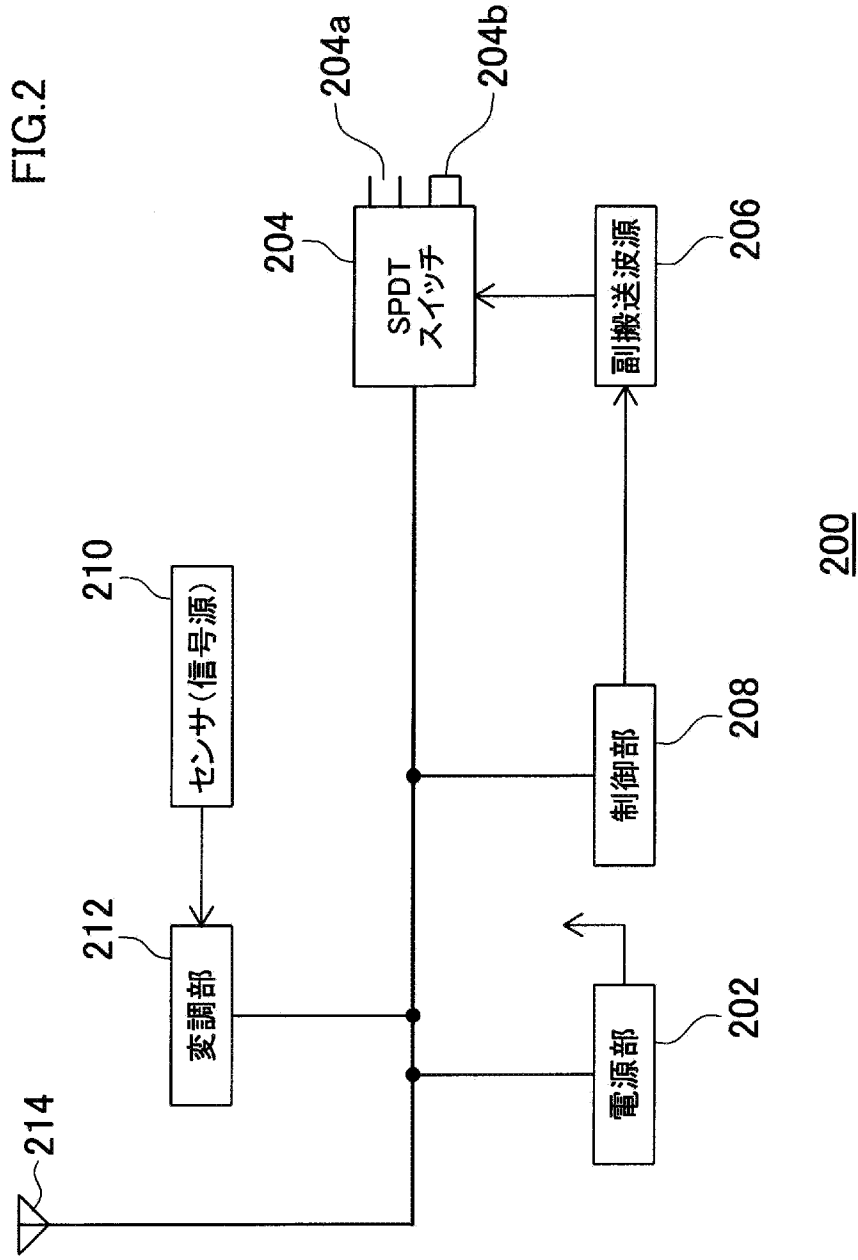


FIG.1

[図2]



[図3]

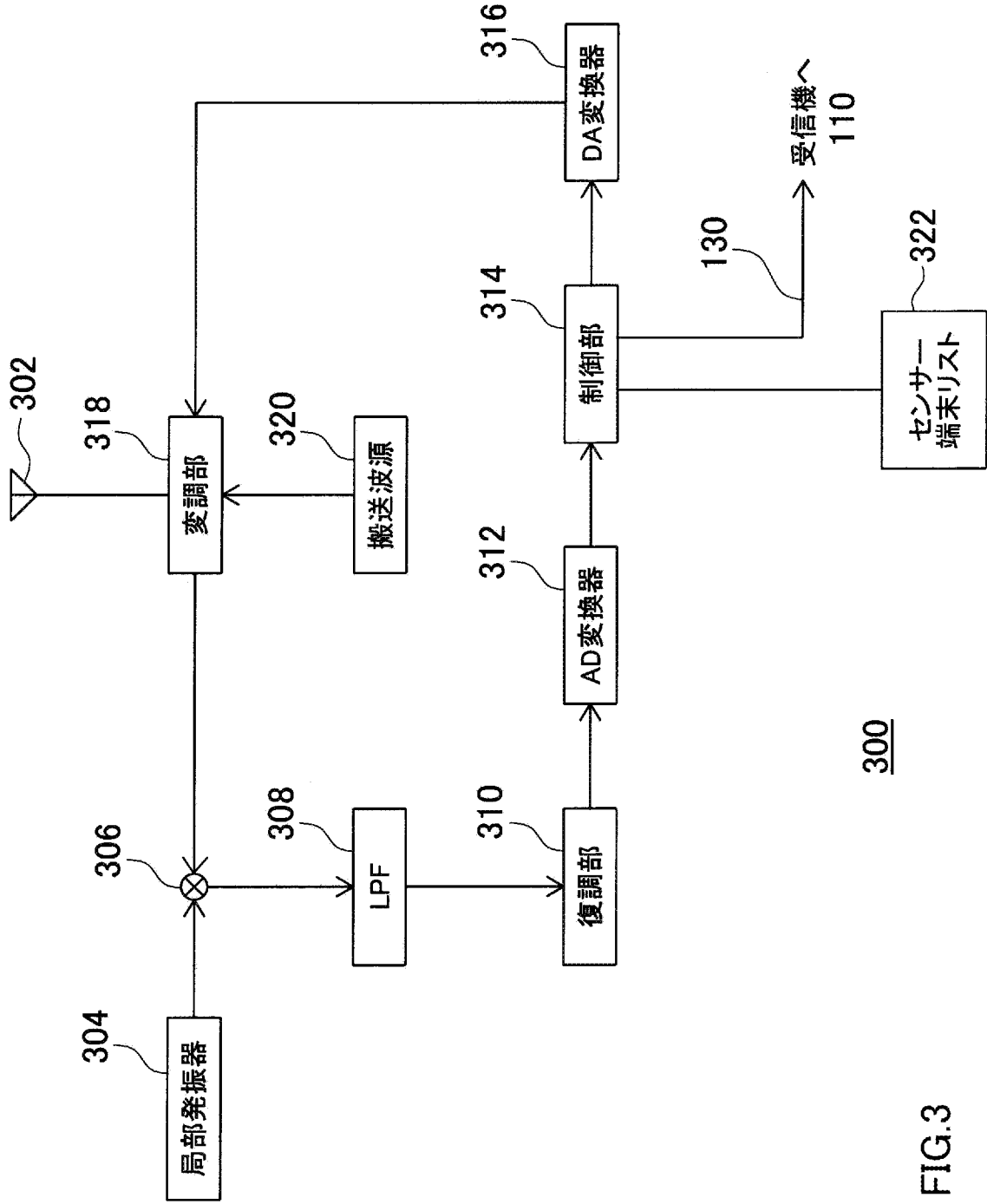
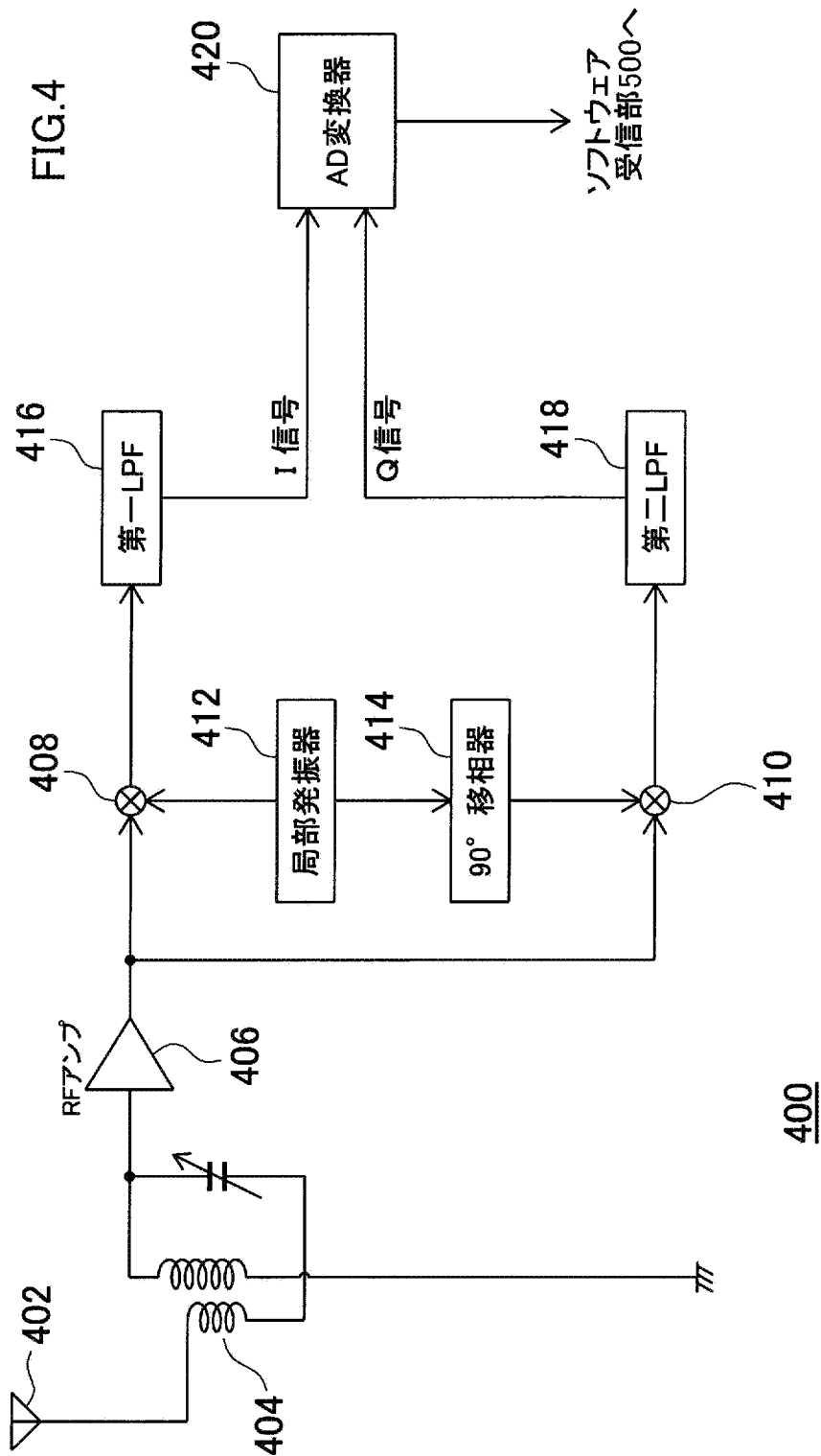


FIG.3

[図4]



[図5]

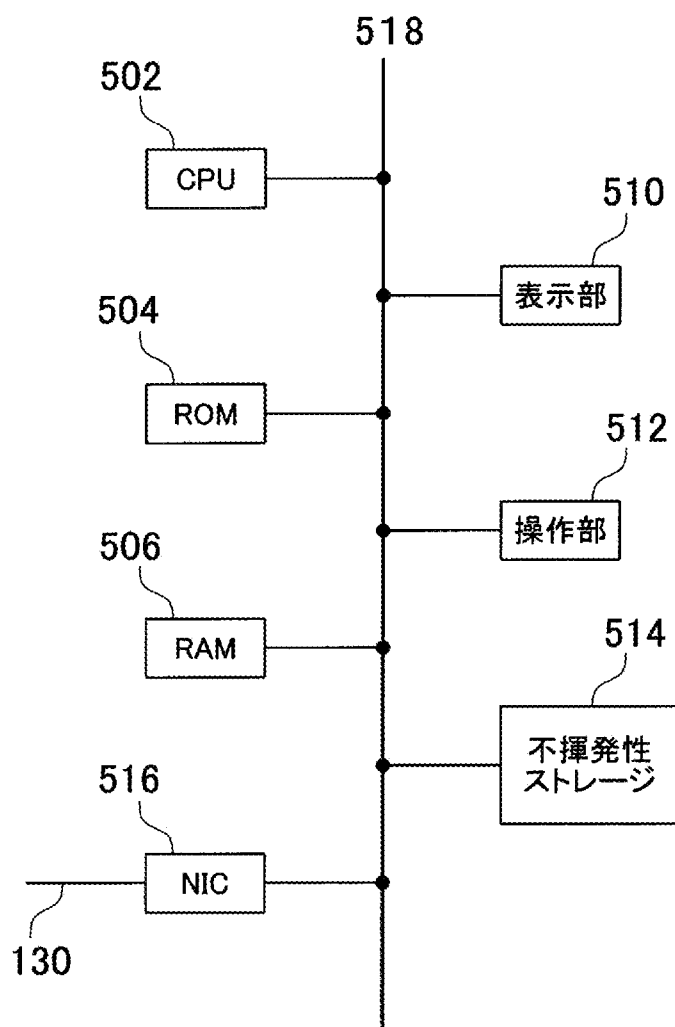
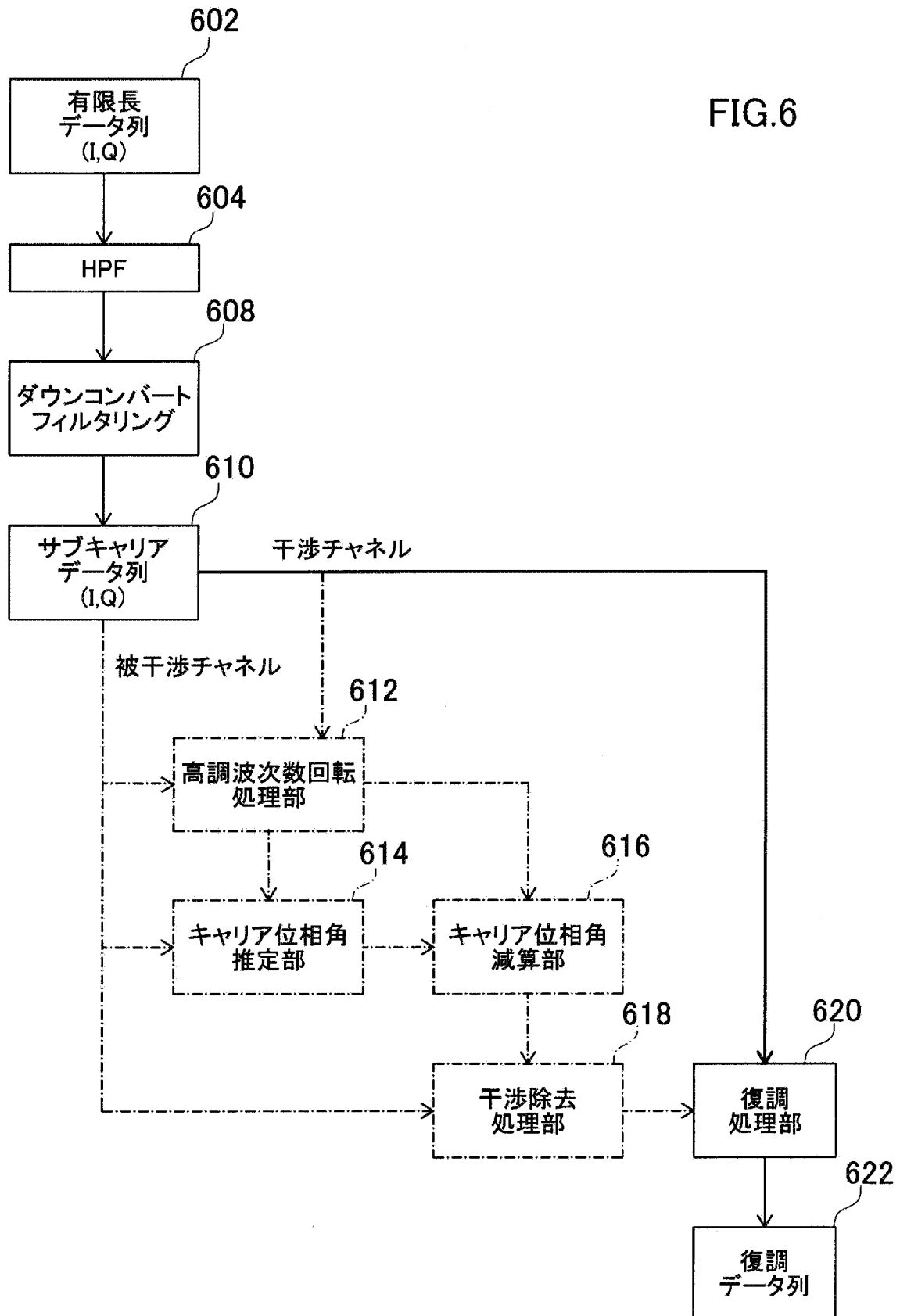


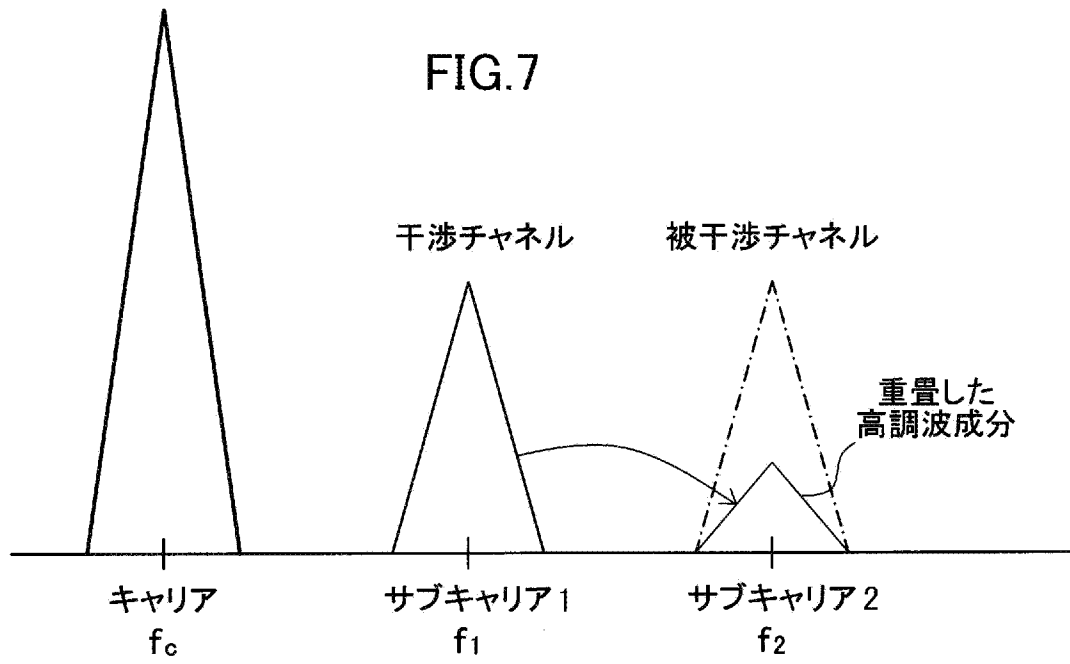
FIG.5

500

[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/005227

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H04J 1/00 (2006.01)i; H04B 1/10 (2006.01)i; H04B 1/59 (2006.01)i FI: H04J1/00; H04B1/59; H04B1/10 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) H04J1/00; H04B1/10; H04B1/59		
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 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	三次 仁、川喜田 佑介、市川 晴久、マルチキャリア・バックスキヤッタ通信のシステム内・間干渉除去、電子情報通信学会技術研究報告, 26 February 2020, vol. 119, no. 450, pp. 9-14, SRW2019-61 entire text, all drawings, (MITSUGI, Jin. KAWAKITA, Yusuke. ICHIKAWA, Haruhisa. Intra and Inter System Interference Rejection in Multi-Carrier Backscatter Communications. IEICE Technical Report.)	1-3
A	三次 仁、ラジオリニア ニティッシュ、川喜田 佑介、市川 晴久、パッシブ後方散乱通信における完全同期センサーデータストリーミング、電子情報通信学会技術研究報告, 09 November 2017, vol. 117, no. 310, pp. 173-178, ASN2017-80 entire text, all drawings, (MITSUGI, Jin. RAJORIA, Nitish. KAWAKITA, Yuusuke. ICHIKAWA, Haruhisa. Concurrent Sensor Data Streaming in Passive Backscatter Communications. IEICE Technical Report.)	1-3
A	RAJORIA, Nitish. IGARASHI, Yuki. MITSUGI, Jin. KAWAKITA, Yuusuke. ICHIKAWA, Haruhisa. Concurrent Backscatter Streaming from Batteryless and Wireless Sensor Tags with Multiple Subcarrier Multiple Access. IEICE Transactions on Communications. 01 December 2017, vol. E100.B, no. 12, pp. 2121-2128 entire text, all drawings	1-3
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 05 April 2023		Date of mailing of the international search report 25 April 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04J 1/00(2006.01)i; H04B 1/10(2006.01)i; H04B 1/59(2006.01)i FI: H04J1/00; H04B1/59; H04B1/10 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）） H04J1/00; H04B1/10; H04B1/59 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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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）		
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	三次 仁、川喜田 佑介、市川 晴久、マルチキャリア・ボックスキャッタ通信のシステム内・間干渉除去、電子情報通信学会技術研究報告、2020.02.26, vol.119, No.450, p.9-14, SRW2019-61 全文、全図	1-3
A	三次 仁、ラジォリア ニティシユ、川喜田 佑介、市川 晴久、パッシブ後方散乱通信における完全同期センサーデータストリーミング、電子情報通信学会技術研究報告、2017.11.09, vol. 117, no. 310, p.173-178, ASN2017-80 全文、全図	1-3
A	RAJORIA Nitish, IGARASHI Yuki, MITSUGI Jin, KAWAKITA Yuusuke, ICHIKAWA Haruhisa, Concurrent Backscatter Streaming from Batteryless and Wireless Sensor Tags with Multiple Subcarrier Multiple Access, IEICE Transactions on Communications, 2017.12.01, volume E100.B, number 12, p.2121-2128 全文、全図	1-3
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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	05.04.2023	国際調査報告の発送日 25.04.2023
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） 原田 聖子 5K 3360 電話番号 03-3581-1101 内線 3556	