

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6828694号  
(P6828694)

(45) 発行日 令和3年2月10日(2021.2.10)

(24) 登録日 令和3年1月25日(2021.1.25)

(51) Int. Cl. F I  
 HO 4 L 27/26 (2006.01) HO 4 L 27/26 3 1 2  
 HO 4 J 1/00 (2006.01) HO 4 J 1/00

請求項の数 14 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2017-562449 (P2017-562449)	(73) 特許権者	000002185 ソニー株式会社 東京都港区港南1丁目7番1号
(86) (22) 出願日	平成28年11月16日(2016.11.16)	(74) 代理人	110002147 特許業務法人酒井国際特許事務所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/083971	(72) 発明者	吉澤 淳 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
(87) 国際公開番号	W02017/126206	(72) 発明者	眞田 幸俊 神奈川県横浜市港北区日吉3丁目14番1号 慶應義塾大学工学部内
(87) 国際公開日	平成29年7月27日(2017.7.27)	(72) 発明者	圓城寺 優香 神奈川県横浜市港北区日吉3丁目14番1号 慶應義塾大学工学部内
審査請求日	令和1年11月1日(2019.11.1)		
(31) 優先権主張番号	特願2016-9626 (P2016-9626)		
(32) 優先日	平成28年1月21日(2016.1.21)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 装置、方法及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかを可変に設定し、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従って適用するフィルタ係数を設定する処理部、  
を備える、装置。

【請求項2】

前記処理部は、プロトタイプフィルタを周波数軸上の所定位置から所定間隔でサンプリングした値を前記フィルタ係数として設定し、

前記所定位置は、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じて異なる、請求項1に記載の装置。

【請求項3】

前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数の場合の前記所定位置は、デフォルトの位置にオフセットを加えた位置である、請求項2に記載の装置。

【請求項4】

前記オフセットは、サブキャリア周波数をサブシンボルの数の倍数で割った値に相当する、請求項3に記載の装置。

【請求項5】

前記オフセットは、サンプル周波数の1/2に相当する、請求項3に記載の装置。

## 【請求項 6】

前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が奇数の場合の前記所定位置は、デフォルトの位置である、請求項 2 ~ 5 のいずれか一項に記載の装置。

## 【請求項 7】

前記デフォルトの位置は、サンプリング角周波数の周期開始位置である、請求項 3 ~ 6 のいずれか一項に記載の装置。

## 【請求項 8】

前記処理部は、周波数ドメインでアップサンプリングを適用し、前記アップサンプリングより後に前記フィルタ係数を用いてフィルタリングする、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の装置。

10

## 【請求項 9】

前記アップサンプリングでのオーバーサンプル比は 2 である、請求項 8 に記載の装置。

## 【請求項 10】

ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかが可変に設定され送信された信号に適用するフィルタ係数を、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従って設定する処理部、を備える、装置。

## 【請求項 11】

ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかを可変に設定し、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従って適用するフィルタ係数をプロセッサにより設定すること、を含む方法。

20

## 【請求項 12】

ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかが可変に設定され送信された信号に適用するフィルタ係数を、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従ってプロセッサにより設定すること、を含む方法。

30

## 【請求項 13】

コンピュータを、

ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかを可変に設定し、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従って適用するフィルタ係数を設定する処理部、として機能させるためのプログラム。

## 【請求項 14】

コンピュータを、

ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかが可変に設定され送信された信号に適用するフィルタ係数を、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従って設定する処理部、として機能させるためのプログラム。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本開示は、装置、方法及びプログラムに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

50

近年、マルチキャリア変調技術（即ち、多重技術又はマルチアクセス技術）の代表として、OFDM（Orthogonal Frequency Division Multiplexing：直交周波数分割多重）、及びOFDMA（Orthogonal Frequency Division Multiple Access：直交周波数分割多元接続）が、多様な無線システムで実用化されている。実用例としては、デジタル放送、無線LAN、及びセルラーシステムが挙げられる。OFDMは、マルチパス伝搬路に対する耐性があり、CP（Cyclic Prefix：サイクリックプリフィックス）を採用することで、マルチパス遅延波に起因するシンボル間干渉の発生を回避することが可能である。一方で、OFDMの欠点として、帯域外輻射のレベルが大きい点が挙げられる。また、PAPR（Peak-to-Average Power Ratio：ピーク対平均電力比）が高くなる傾向があり、送受信装置で発生する歪に弱いことも、欠点として挙げられる。

10

【0003】

このようなOFDMの欠点である帯域外輻射を抑制可能な、新たな変調技術が登場している。本変調技術は、サブシンボルという新たな概念を導入し、1シンボルを任意の個数のサブシンボルに分割することで、柔軟なシンボルの時間及び周波数の設計を行うことが可能である。また、本変調技術は、シンボルに対しパルス整形フィルタ（Pulse Shape Filter）を適用して波形整形することによって、帯域外の不要信号の輻射を低減することができ、周波数利用効率の向上が期待される。さらに、本変調技術は、サブシンボルの導入により柔軟なリソース設定が可能となるので、今後求められるであろう多様性に対する実現手段となる。

【0004】

20

本変調技術の呼び名については、UF-OFDM（Universal Filtered-OFDM）、UFMC（Universal Filtered Multi-Carrier）、FBMC（Filter Bank Multi-Carrier）、GOFDM（Generalized OFDM）など、多様に存在する。とりわけ、本変調技術は、一般化されたOFDMであるとも言えることから、GFDM（Generalized Frequency Division Multiplexing）とも称される場合があり、本明細書ではこの名称を採用する。GFDMに関する基本的な技術については、例えば下記特許文献1及び非特許文献1に開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

30

【特許文献1】米国特許出願公開第2010/0189132A1号明細書

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】N. Michailow, et al., "Generalized Frequency Division Multiplexing for 5th Generation Cellular Networks," IEEE Trans. Commun., vol. 62, no. 9, Sept. 2014.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

40

GFDMでは、サブシンボル長の設定及びサブキャリア周波数の設定、即ち単位リソースにおけるサブシンボル数及びサブキャリア数の設定は柔軟に設定可能である。しかしながら、受信側での復調を成功させるために、実質的にはこのリソース設定に制限が掛けられる場合があった。そのため、リソース設定の制限を解除しても受信側での復調を成功させることが可能な仕組みが提供されることが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本開示によれば、ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかを可変に設定し、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるか

50

に応じた異なる規則に従って適用するフィルタ係数を設定する処理部、を備える、装置が提供される。

【0009】

また、本開示によれば、ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかが可変に設定され送信された信号に適用するフィルタ係数を、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従って設定する処理部、を備える、装置が提供される。

【0010】

また、本開示によれば、ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかを可変に設定し、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従って適用するフィルタ係数をプロセッサにより設定すること、を含む方法が提供される。

10

【0011】

また、本開示によれば、ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかが可変に設定され送信された信号に適用するフィルタ係数を、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従ってプロセッサにより設定すること、を含む方法が提供される。

20

【0012】

また、本開示によれば、コンピュータを、ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかを可変に設定し、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従って適用するフィルタ係数を設定する処理部、として機能させるためのプログラムが提供される。

【0013】

また、本開示によれば、コンピュータを、ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかが可変に設定され送信された信号に適用するフィルタ係数を、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従って設定する処理部、として機能させるためのプログラムが提供される。

30

【発明の効果】

【0014】

以上説明したように本開示によれば、リソース設定の制限を解除しても受信側での復調を成功させることが可能な仕組みが提供される。なお、上記の効果は必ずしも限定的なものではなく、上記の効果とともに、または上記の効果に代えて、本明細書に示されたいずれかの効果、または本明細書から把握され得る他の効果が奏されてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0015】

40

【図1】GFDMに関する技術を説明するための説明図である。

【図2】GFDMに関する技術を説明するための説明図である。

【図3】GFDMに関する技術を説明するための説明図である。

【図4】本実施形態に係るシステムの概略的な構成の一例を示す説明図である。

【図5】本実施形態に係る基地局の構成の一例を示すブロック図である。

【図6】本実施形態に係る端末装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図7】本実施形態に係る送信処理に関する技術的特徴を説明するための説明図である。

【図8】本実施形態に係る送信処理に関する技術的特徴を説明するための説明図である。

【図9】本実施形態に係る送信処理に関する技術的特徴を説明するための説明図である。

【図10】本実施形態に係る送信処理に関する技術的特徴を説明するための説明図である

50

- 。
- 【図 1 1】本実施形態に係る送信処理に関する技術的特徴を説明するための説明図である
- 。
- 【図 1 2】本実施形態に係る送信処理に関する技術的特徴を説明するための説明図である
- 。
- 【図 1 3】本実施形態に係る送信処理に関する技術的特徴を説明するための説明図である
- 。
- 【図 1 4】本実施形態に係る送信処理に関する技術的特徴を説明するための説明図である
- 。
- 【図 1 5】本実施形態に係る送信処理に関する技術的特徴を説明するための説明図である 10
- 。
- 【図 1 6】本実施形態に係る受信処理に関する技術的特徴を説明するための説明図である
- 。
- 【図 1 7】本実施形態に係る受信処理に関する技術的特徴を説明するための説明図である
- 。
- 【図 1 8】本実施形態に係る受信処理に関する技術的特徴を説明するための説明図である
- 。
- 【図 1 9】本実施形態に係るシミュレーション結果を説明するための説明図である。
- 【図 2 0】本実施形態に係るシミュレーション結果を説明するための説明図である。
- 【図 2 1】本実施形態に係るシミュレーション結果を説明するための説明図である。 20
- 【図 2 2】eNBの概略的な構成の第1の例を示すブロック図である。
- 【図 2 3】eNBの概略的な構成の第2の例を示すブロック図である。
- 【図 2 4】スマートフォンの概略的な構成の一例を示すブロック図である。
- 【図 2 5】カーナビゲーション装置の概略的な構成の一例を示すブロック図である。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0016】
- 以下に添付図面を参照しながら、本開示の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。
- 【0017】 30
- また、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する要素を、同一の符号の後に異なるアルファベットを付して区別する場合もある。例えば、実質的に同一の機能構成を有する複数の要素を、必要に応じて端末装置200A、200B及び200Cのように区別する。ただし、実質的に同一の機能構成を有する複数の要素の各々を特に区別する必要がない場合、同一符号のみを付する。例えば、端末装置200A、200B及び200Cを特に区別する必要が無い場合には、単に端末装置200と称する。
- 【0018】
- なお、説明は以下の順序で行うものとする。
1. はじめに
    - 1.1. GFD M 40
    - 1.2. 技術的課題
  2. システムの概略的な構成
  3. 各装置の構成
    - 3.1. 基地局の構成
    - 3.2. 端末装置の構成
  4. 技術的特徴
    - 4.1. 送信処理
    - 4.2. 受信処理
  5. シミュレーション結果
  6. 応用例 50

## 7. まとめ

【0019】

&lt;&lt;1.はじめに&gt;&gt;

&lt;1.1.GFD M&gt;

まず、図1～図3を参照して、GFD Mについて説明する。

【0020】

図1は、GFD Mにおけるシンボルの概念を説明するための説明図である。符号10は、OFDMの1シンボル当たりの無線リソースを示している。符号10に示した無線リソースは、1シンボル区間が単一のシンボルで占有されている一方で、周波数方向に多数のサブキャリアを含む。また、OFDMでは、シンボル毎にCPが付加される。符号12は、SC-FDM (Single Carrier Frequency Division Multiplexing) 信号における、OFDMの1シンボルに相当する区間の無線リソースを示している。符号12に示した無線リソースは、キャリア周波数に渡って単一のシンボルで専有されている一方で、シンボル長はOFDMと比較して短く、時間方向に多数のシンボルを含む。符号11は、GFD Mにおける、OFDMの1シンボルに相当する区間の無線リソースを示している。符号11に示した無線リソースは、符号10に示した無線リソースと符号12に示した無線リソースとの中間の構造を有する。すなわち、GFD Mでは、OFDMの1シンボルに相当する区間が任意の数のサブシンボルに分割され、それに伴いサブキャリア数がOFDMよりも少なくなる。このような無線リソースの構造は、パラメータによるシンボル長の変更を可能とし、より柔軟性に富んだ送信フォーマットを提供可能である。

10

20

【0021】

図2は、GFD Mをサポートする送信装置の構成例の一例を示す図である。まず、データが入力されると、送信装置は、可変に設定されたサブキャリア数及びサブシンボル数に対応するフィルタリングを適用するために、入力データのマッピングを行う。なお、ここでのサブシンボルに対するマッピングは、OFDMに比べて、オーバーサンプリングを施すことと等価の効果を有する。次いで、送信装置は、所定数のサブキャリア及び所定数のサブシンボルに対してパルス整形フィルタを適用する(より具体的には、所定のフィルタ係数を乗じる)。そして、送信装置は、パルス整形後の波形を周波数-時間変換してシンボルを生成する。最後に、送信装置は、CPを追加し、DAC (Digital to Analog Converter) を適用してRF (Radio Frequency) 信号を高周波回路へ出力する。

30

【0022】

ここで、GFD M変調は次式により表現される。

【0023】

【数1】

$$g_{k,m}[n] = g[(n - mK) \bmod N] \cdot \exp \left[ j2\pi \frac{k}{K} n \right] \quad \dots (1)$$

【0024】

【数2】

40

$$x[n] = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{k=0}^{K-1} g_{k,m}[n] \cdot d_{k,m} \quad \dots (2)$$

【0025】

ただし、Kはサブキャリア数であり、Mはサブシンボル数であり、 $d_{k,m}$  はk番目のサブキャリアのm番目のサブシンボルに対応する入力データであり、 $x[n]$  は $N = KM$ 個の出力データのn番目の値であり、 $g_{k,m}[n]$  はフィルタの係数である。

【0026】

GFD Mシンボルのn番目の出力サンプル値 $x[n]$ は、マッピングされた入力データ

50

に対応する G F D M 係数をそれぞれ掛け合わせたのち、それらすべての和をとったものである。n が 0 から N まで変化するとき、フィルタ係数は上記数式 ( 2 ) に従って変化し、1 シンボルあたり合計 N 個のサンプル値が得られる。この結果、サブシンボルに対して K 倍にオーバーサンプリングされた時間波形のサンプル値が生成される。この場合、M 個のサブシンボルに対して K 倍、すなわち  $K M = N$  個の出力値が得られる。送信装置は、このようにして得られた G F D M シンボルを D / A 変換し、高周波回路により所望の増幅及び周波数変換を施した後、アンテナから送信する。

【 0 0 2 7 】

なお、パルス整形フィルタとしては、例えば、R C フィルタ ( Raised Cosine Filter )、R R C フィルタ ( Root Raised Cosine Filter ) 又は I O T A フィルタ ( Isotropic Orthogonal Transfer Algorithm filter ) 等が採用され得る。

10

【 0 0 2 8 】

上記定式化した G F D M 変調における、入力データ ( ベクトル ) と出力データ ( ベクトル ) との関係、次式のように行列 A で表す。

【 0 0 2 9 】

【 数 3 】

$$\mathbf{x} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{d} \quad \dots (3)$$

【 0 0 3 0 】

この変換行列 A は、サイズが  $K M * K M$  の、複素数の要素を持つ正方行列である。図 3 に、変換行列 A の要素 ( 即ち、フィルタ係数 ) の振幅値 ( 絶対値 ) をプロットした図を示す。本図は、 $K = 4$  とし、 $M = 7$  とし、波形整形のプロトタイプフィルタとして R C フィルタ (  $\beta = 0.4$  ) を採用した場合を示している。

20

【 0 0 3 1 】

なお、本明細書では、サブシンボル数とは、単位リソース ( 例えば、図 1 に示した無線リソース ) に含まれるサブシンボル数である。また、サブキャリア数とは、単位リソースに含まれるサブキャリアの数である。

【 0 0 3 2 】

G F D M 変調の実装方法のひとつに、周波数ドメイン G F D M がある。周波数ドメイン G F D M とは、入力データを周波数ドメインに変換した後に、周波数ドメインでパルス整形フィルタを適用し、その後サブキャリアへのマッピングを行う変調方法である。本変調方法では、G F D M 変調処理に関わる行列が多く要素がゼロである行列となる上、ドメイン変換に F F T ( Fast Fourier Transform ) 及び I F F T ( Inverse FFT ) といった高速な演算処理を利用することが可能となる。よって、送信装置は、少ない計算量で G F D M 変調を行うことが可能である。受信装置に関しても同様の利点がある。なお、周波数ドメイン G F D M の詳細な説明は、例えば「N. Michailow et al., " Generalized Frequency Division Multiplexing: Analysis of an Alternative Multi-Carrier Technique for Next Generation Cellular Systems, " IEEE International Symposium on Wireless Communication Systems ( ISWCS ), 2012.」に詳しく開示されている。

30

40

【 0 0 3 3 】

周波数ドメイン G F D M では、上記数式 ( 1 ) が下記数式 ( 4 ) に、上記数式 ( 2 ) が下記数式 ( 5 ) に、それぞれ変形される。

【 0 0 3 4 】

【 数 4 】

$$x_k[n] = [(d_k[m] \delta[n - mK]) * g[n]] \cdot \exp\left[j2\pi \frac{k}{K} n\right] \quad \dots (4)$$

50

【 0 0 3 5 】

【数 5】

$$x[n] = \sum_{k=0}^{K-1} x_k[n] \quad \dots (5)$$

【 0 0 3 6 】

なお、上記数式(4)における「\*」は、周期KMでの巡回畳み込みを表している。また、上記数式(4)は、k番目のサブキャリア成分を表している。また、上記数式(5)は、このようなサブキャリア成分を所定の帯域内にK個マッピングすることを表している。

10

【 0 0 3 7 】

上記数式(4)は、FFTによる時間ドメインから周波数ドメインへの変換、及びIFFTによる周波数ドメインから時間ドメインへの変換を加味すると、次式のように変形される。

【 0 0 3 8 】

【数 6】

$$x_k[n] = IFFT_{KM} \left\{ FFT_{KM}(d_k[m]\delta[n-mK]) \cdot FFT_{KM}(g[n]) * FFT_{KM} \left( \exp \left[ j2\pi \frac{k}{K} n \right] \right) \right\} \quad \dots (6)$$

20

【 0 0 3 9 】

上記数式(6)は、周波数ドメインにおいてパルス整形フィルタの適用が行われることを表している。

【 0 0 4 0 】

&lt; 1.2. 技術的課題 &gt;

GFDMにおいては、単位リソースにおけるサブシンボル数及びサブキャリア数がともに偶数である場合、変換行列Aが正則にならず、逆行列を持たないため、受信側においてゼロフォーシングによる復調が困難になるという問題があることが指摘されている。かかる問題は、例えば上記非特許文献1及び「M. Matthe et al., "Generalized Frequency Division Multiplexing in a Gabor Transform Setting," IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, vol. 18, no. 8, Aug 2014.」において指摘されている。

30

【 0 0 4 1 】

さらに、単位リソースにおけるサブシンボル数が偶数でありサブキャリア数が奇数の場合、変換行列Aは受信側での復調が可能なフルランクにはなるものの、その復調データには著しいビットエラーレートの劣化が生じるという問題がある。

【 0 0 4 2 】

このように、受信側で逆行列を用いた復調を可能とし、且つビットエラーレートの著しい劣化防止を可能とするためには、即ち受信側での復調を成功させるためには、単位リソースにおけるサブシンボル数を奇数に設定するという制限が課されていた。そこで、本実施形態では、サブシンボル数が奇数であっても、受信側の復調を成功させるための仕組みを提供する。

40

【 0 0 4 3 】

&lt;&lt; 2. システムの概略的な構成 &gt;&gt;

続いて、図4を参照して、本開示の一実施形態に係るシステム1の概略的な構成を説明する。図4は、本開示の一実施形態に係るシステム1の概略的な構成の一例を示す説明図である。図4を参照すると、システム1は、基地局100及び端末装置200を含む。ここでは、端末装置200は、ユーザとも呼ばれる。当該ユーザは、ユーザ機器(User Equipment: UE)とも呼ばれ得る。ここでのUEは、LTE又はLTE-Aにおいて定義

50

されているUEであってもよく、より一般的に通信機器を意味してもよい。

【0044】

(1) 基地局100

基地局100は、セルラーシステム(又は移動体通信システム)の基地局である。基地局100は、基地局100のセル101内に位置する端末装置(例えば、端末装置200)との無線通信を行う。例えば、基地局100は、端末装置へのダウンリンク信号を送信し、端末装置からのアップリンク信号を受信する。

【0045】

(2) 端末装置200

端末装置200は、セルラーシステム(又は移動体通信システム)において通信可能である。端末装置200は、セルラーシステムの基地局(例えば、基地局100)との無線通信を行う。例えば、端末装置200は、基地局からのダウンリンク信号を受信し、基地局へのアップリンク信号を送信する。

10

【0046】

(3) 多重化/多元接続

とりわけ本開示の一実施形態では、基地局100は、直交多元接続/非直交多元接続により、複数の端末装置との無線通信を行う。より具体的には、基地局100は、GFDMを用いた多重化/多元接続により、複数の端末装置200との無線通信を行う。

【0047】

例えば、基地局100は、ダウンリンクにおいて、GFDMを用いた多重化/多元接続により、複数の端末装置200との無線通信を行う。より具体的には、例えば、基地局100は、複数の端末装置200への信号を、GFDMを用いて多重化する。この場合に、例えば、端末装置200は、所望信号(即ち、端末装置200への信号)を含む多重化信号から、干渉として1つ以上の他の信号を除去し、上記所望信号を復号する。

20

【0048】

なお、基地局100は、ダウンリンクの代わりに、又はダウンリンクとともに、アップリンクにおいて、GFDMを用いた多重化/多元接続により、複数の端末装置との無線通信を行ってもよい。この場合に、基地局100は、当該複数の端末装置により送信される信号を含む多重化信号から、当該信号の各々を復号してもよい。

【0049】

(4) 補足

本技術は、HetNet(Heterogeneous Network)又はSCE(Small Cell Enhancement)などのマルチセルシステムにおいても適用可能である。また、本技術は、MTC装置及びIoT装置等についても適用可能である。

30

【0050】

<<3. 各装置の構成>>

続いて、図5及び図6を参照して、本開示の実施形態に係る基地局100及び端末装置200の構成を説明する。

【0051】

<3.1. 基地局の構成>

まず、図5を参照して、本開示の一実施形態に係る基地局100の構成の一例を説明する。図5は、本開示の一実施形態に係る基地局100の構成の一例を示すブロック図である。図5を参照すると、基地局100は、アンテナ部110、無線通信部120、ネットワーク通信部130、記憶部140及び処理部150を備える。

40

【0052】

(1) アンテナ部110

アンテナ部110は、無線通信部120により出力される信号を電波として空間に放射する。また、アンテナ部110は、空間の電波を信号に変換し、当該信号を無線通信部120へ出力する。

【0053】

50

## (2) 無線通信部 120

無線通信部 120 は、信号を送受信する。例えば、無線通信部 120 は、端末装置へのダウンリンク信号を送信し、端末装置からのアップリンク信号を受信する。

## 【0054】

## (3) ネットワーク通信部 130

ネットワーク通信部 130 は、情報を送受信する。例えば、ネットワーク通信部 130 は、他のノードへの情報を送信し、他のノードからの情報を受信する。例えば、上記他のノードは、他の基地局及びコアネットワークノードを含む。

## 【0055】

## (4) 記憶部 140

記憶部 140 は、基地局 100 の動作のためのプログラム及び様々なデータを一時的に又は恒久的に記憶する。

## 【0056】

## (5) 処理部 150

処理部 150 は、基地局 100 の様々な機能を提供する。処理部 150 は、送信処理部 151 及びフィルタ設定部 153 を含む。なお、処理部 150 は、これらの構成要素以外の他の構成要素をさらに含み得る。即ち、処理部 150 は、これらの構成要素の動作以外の動作も行い得る。

## 【0057】

送信処理部 151 及びフィルタ設定部 153 の機能は、後に詳細に説明する。

## 【0058】

## &lt; 3.2. 端末装置の構成 &gt;

まず、図 6 を参照して、本開示の一実施形態に係る端末装置 200 の構成の一例を説明する。図 6 は、本開示の一実施形態に係る端末装置 200 の構成の一例を示すブロック図である。図 6 を参照すると、端末装置 200 は、アンテナ部 210、無線通信部 220、記憶部 230 及び処理部 240 を備える。

## 【0059】

## (1) アンテナ部 210

アンテナ部 210 は、無線通信部 220 により出力される信号を電波として空間に放射する。また、アンテナ部 210 は、空間の電波を信号に変換し、当該信号を無線通信部 220 へ出力する。

## 【0060】

## (2) 無線通信部 220

無線通信部 220 は、信号を送受信する。例えば、無線通信部 220 は、基地局からのダウンリンク信号を受信し、基地局へのアップリンク信号を送信する。

## 【0061】

## (3) 記憶部 230

記憶部 230 は、端末装置 200 の動作のためのプログラム及び様々なデータを一時的に又は恒久的に記憶する。

## 【0062】

## (4) 処理部 240

処理部 240 は、端末装置 200 の様々な機能を提供する。処理部 240 は、受信処理部 241 及びフィルタ設定部 243 を含む。なお、処理部 240 は、この構成要素以外の他の構成要素をさらに含み得る。即ち、処理部 240 は、この構成要素の動作以外の動作も行い得る。

## 【0063】

受信処理部 241 及びフィルタ設定部 243 の機能は、後に詳細に説明する。

## 【0064】

## &lt;&lt; 4. 技術的特徴 &gt;&gt;

以下では、基地局 100 が送信装置であり、端末装置 200 が受信装置であるものとし

10

20

30

40

50

て、本実施形態の技術的特徴を説明する。

【0065】

< 4.1. 送信処理 >

まず、図7～図15を参照して、送信処理に関する技術的特徴を説明する。

【0066】

(1) 送信装置の構成例

基地局100(例えば、送信処理部151)は、GFD M変調を行う。即ち、基地局100は、ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかを可変に設定する。そして、基地局100は、サブキャリアごとにパルス整形フィルタによるフィルタリングを行う(即ち、フィルタ係数を乗算する)。

10

【0067】

とりわけ、本実施形態に係る基地局100は、周波数ドメインGFD Mの枠組みにおいて、GFD M変調を行う。即ち、基地局100は、周波数ドメインでアップサンプリングを適用し、このアップサンプリングより後にフィルタ係数を用いてフィルタリングする。これにより、少ない計算量でGFD M変調を行うことが可能となる。

【0068】

以下、図7及び図8を参照しながら、周波数ドメインGFD Mの枠組みにおいて行われる、GFD M変調を伴う送信処理について説明する。

【0069】

図7は、本実施形態に係る送信装置(即ち、基地局100)の構成の一例を示すブロック図である。図7では、MIMO(multiple-input and multiple-output)の場合の構成例を示している。図7に示すように、送信装置は、多重する送信データごとに、FEC(Forward Error Correction)符号化、レートマッチング、スクランプリング、インタリービング及びビット列からシンボル(例えば、複素シンボルであってもよく、信号点とも称され得る)へのマッピング(Constellation Mapping)を行う。次いで、送信装置は、送信レイヤマッピングにより多重化して、多重化信号ごとにプリコーディングを行う。この後の処理は、多重化信号ごとに行われる。送信装置は、各々の多重化信号についてGFD M変調を行い、アナログFE(Front End)による信号処理を行って、アンテナから無線信号を送信する。

20

30

【0070】

なお、アナログFEは無線通信部120に相当してもよく、アンテナはアンテナ部110に相当してもよく、その他の構成要素は処理部150に相当してもよい。もちろん、その他の任意の対応関係も許容される。

【0071】

続いて、図8を参照して、図7に示したGFD M変調器について詳細に説明する。

【0072】

図8は、周波数ドメインGFD MにおけるGFD M変調器の構成の一例を示すブロック図である。図8に示すように、GFD M変調器は、入力信号をサブキャリア数K個に分割して、それぞれM個の複素信号とした上で、それぞれにFFTを適用して周波数ドメインに変換する。次いで、GFD M変換器は、各々の周波数ドメインの信号にアップサンプリングを適用し、パルス整形フィルタを適用する。パルス整形フィルタのフィルタ係数の設定については、後に詳しく説明する。典型的な周波数ドメインGFD Mでは、アップサンプリング比は2であり、パルス整形フィルタには、RCフィルタあるいはRRCフィルタが使用される。もちろん、アップサンプリング比は2以外の値であってもよいし、パルス整形フィルタには任意のフィルタが使用されてもよい。次に、GFD M変換器は、フィルタリング後の信号を、対応するサブキャリアの周波数にマッピングする。最後に、GFD M変換器は、このようにして生成されたK個の信号を周波数多重し、IFFTにより時間ドメインの信号に変換することで、GFD M変調された信号を生成し、出力する。

40

【0073】

50

以上説明した、周波数ドメイン G F D M における G F D M 変調を、次のような等価な行列表現によって表すことができる。

【 0 0 7 4 】

【 数 7 】

$$\mathbf{x} = \mathbf{W}_{KM}^H \sum_{k=0}^{K-1} \mathbf{P}^{(k)} \mathbf{\Gamma}^{(L)} \mathbf{R}^{(L)} \mathbf{W}_M \mathbf{d}_k \quad \dots (7)$$

【 0 0 7 5 】

なお、L は、アップサンプリングにおけるアップサンプル比（即ち、オーバーサンプル比）を表している。また、 $\mathbf{W}_{KM}^H$  は、 $KM * KM$  の I F F T を表している。また、 $\mathbf{P}^{(k)}$  は、k 番目のサブキャリアに対応する  $KM * LM$  の周波数マッピング行列を表している。また、 $\mathbf{\Gamma}^{(L)}$  は、 $LM * LM$  のパルス整形フィルタのフィルタ係数行列を表している。また、 $\mathbf{R}^{(L)}$  は、 $LM * M$  のアップサンプリング行列を表している。また、 $\mathbf{W}_M$  は、 $M * M$  の F F T を表している。

10

【 0 0 7 6 】

周波数ドメイン G F D M における変換行列  $\mathbf{A}_F$  は、次式で表される。

【 0 0 7 7 】

【 数 8 】

$$\mathbf{A}_F = \mathbf{W}_{KM}^H \sum_{k=0}^{K-1} \mathbf{P}^{(k)} \mathbf{\Gamma}^{(L)} \mathbf{R}^{(L)} \mathbf{W}_M \quad \dots (8)$$

20

【 0 0 7 8 】

ただし、 $\mathbf{W}_{KM}^H$  及び  $\mathbf{W}_M$  は常に正則であることが知られている。よって、上記数式(8)に示した変換行列  $\mathbf{A}_F$  が正則であるか非正則であるかは、次式で表される行列が正則であるか非正則であるかに依存する。

【 0 0 7 9 】

【 数 9 】

$$\mathbf{A}'_F = \sum_{k=0}^{K-1} \mathbf{P}^{(k)} \mathbf{\Gamma}^{(L)} \mathbf{R}^{(L)} \quad \dots (9)$$

30

【 0 0 8 0 】

周波数ドメイン G F D M においても、単位リソースにおけるサブシンボル数及びサブキャリア数が偶数である場合には、変換行列  $\mathbf{A}_F$  の正則 / 非正則を決定付ける行列  $\mathbf{A}'_F$  が非正則となり、逆行列が存在しないので受信側での復調が困難となっていた。

【 0 0 8 1 】

( 2 ) フィルタ係数の設定

このような事情を鑑み、本実施形態に係る基地局 1 0 0 ( 例えば、フィルタ設定部 1 5 3 ) は、単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従って、送信信号（より詳しくは、各サブキャリアにマッピングされる周波数ドメインの信号）に適用するフィルタ係数を設定する。以下では、奇数である場合の規則を第 1 の規則とも称し、偶数である場合の規則を第 2 の規則とも称する。

40

【 0 0 8 2 】

基地局 1 0 0 は、プロトタイプフィルタを周波数軸上の所定位置（即ち、サンプリング開始位置）から所定間隔（即ち、サンプリング周波数）でサンプリングした値をフィルタ係数として設定する。そして、基地局 1 0 0 は、プロトタイプフィルタをアップサンプリングのオーバーサンプル比とサブシンボル数との積の数だけ等間隔でサンプリングする。ここで、このサンプリング開始位置は、単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じて異なる。即ち、第 1 の規則と第 2 の規則とで、サンプリング開始位置が異なる。

【 0 0 8 3 】

50

サブシンボル数が奇数の場合のサンプリング開始位置は、デフォルトの位置である。これは、サブシンボル数が奇数の場合、デフォルトの位置のままであっても、変換行列  $A_F$  が正則となり逆行列が存在するためである。なお、デフォルトの位置は、サンプリング角周波数の周期開始位置（即ち、 $-$ ）である。

【0084】

一方で、サブシンボル数が偶数の場合のサンプリング開始位置は、デフォルトの位置にオフセットを加えた位置である。オフセットが設けられることにより、変換行列  $A_F$  の逆行列が存在することとなり、受信側でのゼロフォーシングによる復調が可能となる。

【0085】

例えば、オフセットは、プロトタイプフィルタからのサンプリングに係るサンプル周波数の  $1/2$  に相当していてもよい。これにより、隣接する2つのサブキャリアの各々に対応する信号の互いに重複する又は近い周波数において各々適用されるフィルタ係数の差が最大化されるので、サブキャリア間の干渉を最も低下させることが可能となる。これにより、ビットエラーレートの著しい劣化が防止され、受信側での復号性能の向上が実現される。この点については、後に図13を参照して詳しく説明する。

【0086】

以下、図9～図13を参照して、フィルタ係数の設定について具体例を挙げながら説明する。図9～図13では、プロトタイプフィルタの周波数特性が図示されており、横軸は周波数であり、縦軸は振幅値であり、サンプリングされた位置の振幅値が、フィルタ係数として採用される。

【0087】

図9は、パルス整形フィルタのプロトタイプフィルタの周波数特性の一例を示す図である。ここでは、一例として、パルス整形フィルタとしてRCフィルタが使用される例を説明する。図9に示すように、RCフィルタでは、ロールオフファクタの値によって周波数特性が変化する。以下では、一例として  $\alpha = 0.9$  であるものとする。もちろん、 $\alpha$  の値は  $0.9$  以外であってもよい。

【0088】

まず、サブシンボル数  $M$  が奇数であり第1の規則が適用される場合について説明する。サブシンボル数  $M = 3$ 、オーバーサンプル比  $L = 2$  である場合、図10に示すように、周波数ドメインでのサンプリングにより、 $[0, 0.225, 0.775, 1, 0.775, 0.225]$  の6つのフィルタ係数値が得られる。図中の  $m$  の値は、サンプリングインデックスを示す。図10に示すように、サンプリングは、デフォルトの位置である  $-$  から開始されている。サブキャリア数  $K = 2$  とおくと、行列  $A'_F$  は、次式で表現される。

【0089】

【数10】

$$A'_F = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.775 & 0 & 0 & 0.225 & 0 \\ 0 & 0 & 0.225 & 0 & 0 & 0.775 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.225 & 0 & 0 & 0.775 & 0 \\ 0 & 0 & 0.775 & 0 & 0 & 0.225 \end{pmatrix} \cdots (10)$$

【0090】

この行列  $A'_F$  は、フルランクであり、ゆえに正則である。このように、サブシンボル数  $M$  が奇数である場合、受信側での復調は成功する。

【0091】

続いて、比較例として、サブシンボル数  $M$  が偶数であり第1の規則が適用される場合について説明する。サブシンボル数  $M = 2$ 、オーバーサンプル比  $L = 2$  である場合、図11に示すように、周波数ドメインでのサンプリングにより、 $[0, 0.5, 1, 0.5, 0]$

10

20

30

40

50

5]の4つのフィルタ係数値が得られる。図11に示すように、サンプリングは、デフォルトの位置である - から開始されている。サブキャリア数  $K = 2$  とおくと、行列  $A'_F$  は、次式で表現される。

【0092】

【数11】

$$A'_F = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0 & 0.5 \end{pmatrix} \quad \dots (11)$$

10

【0093】

この行列  $A'_F$  は、ランクが3でありフルランクではない。従って、逆行列が存在しないため、受信側は復調に失敗することとなる。

【0094】

続いて、サブシンボル数  $M$  が偶数であり第2の規則が適用される場合について説明する。具体的には、基地局100は、オフセット(即ち、 $1/2$  サンプル周波数)分だけずらしてサンプリングした値を、フィルタ係数として採用する。例えば、図11に示した例に関しては、図12に示すように、 $[0.117, 0.883, 0.883, 0.117]$  の4つのフィルタ係数値が得られる。図12に示すように、サンプリングは、デフォルトの位置である - に  $1/2$  サンプル周波数に相当するオフセットを加えた位置から開始されている。サブキャリア数  $K = 2$  とおくと、行列  $A'_F$  は、次式で表現される。

20

【0095】

【数12】

$$A'_F = \begin{pmatrix} 0.883 & 0 & 0.117 & 0 \\ 0 & 0.117 & 0 & 0.883 \\ 0.117 & 0 & 0.883 & 0 \\ 0 & 0.883 & 0 & 0.117 \end{pmatrix} \quad \dots (12)$$

【0096】

この行列  $A'_F$  は、ランクが4でありフルランクである。従って、逆行列が存在するので、受信側での復調は成功する。さらに、図13を参照して、オフセットが  $1/2$  サンプル周波数であることの利点を説明する。

30

【0097】

図13は、オフセットがサンプル周波数の  $1/2$  である場合の、隣接する2つのサブキャリアに対応する信号の各々に適用されるフィルタ係数の関係を示す図である。符号301は、第1のサブキャリアに対応する信号に適用されるパルス整形フィルタの、プロトタイプフィルタの周波数特性、及びフィルタ係数を示している。符号301に関する周波数及び - 並びにサンプリングインデックス  $m$  の値には、下線が付されている。符号302は、第1のサブキャリアに隣接する第2のサブキャリアに対応する信号に適用されるパルス整形フィルタの、プロトタイプフィルタの周波数特性、及びフィルタ係数を示している。符号302に関する周波数及び - 並びにサンプリングインデックス  $m$  の値には、上線が付されている。図13に示すように、符号301に示したプロトタイプフィルタと符号302に示したプロトタイプフィルタは、一部の周波数が重複している。しかし、第1又は第2のサブキャリアに対応する信号の重複する又は近い周波数において適用されるフィルタ係数は異なる。そして、第1又は第2のサブキャリアに対応する信号の重複する又は近い周波数において各々適用されるフィルタ係数同士の差311及び312のうち小さい方の値は、オフセットが  $1/2$  サンプル周波数である場合に最も大きくなる。このため、オフセットが  $1/2$  サンプル周波数である場合、サブキャリア間の干渉が最も低くなるので、ビットエラーレートの著しい劣化が防止され、受信側での復号性能の向上が実現される。

40

50

## 【 0 0 9 8 】

以上説明したように、基地局 1 0 0 は、サブシンボル数が偶数であっても、第 2 の規則においてサンプリング開始位置にオフセットを持たせることで、受信側での復調を成功させることが可能である。

## 【 0 0 9 9 】

以下、フィルタ係数のサンプリングに関してより詳しく説明する。

## 【 0 1 0 0 】

パルス整形フィルタの帯域幅（即ち、 $2\pi$ ）は、もとのサブキャリア帯域幅  $f_{sub}$  を  $L$  倍に拡大した帯域に対して適用される。即ち、次式が成り立つ。

## 【 0 1 0 1 】

## 【数 1 3】

$$L \cdot f_{sub} \equiv 2\pi \quad \dots (13)$$

## 【 0 1 0 2 】

一方、サンプル周波数（即ち、サンプリング間隔） $f_s$  は、次式に示すように、フィルタ帯域幅を  $LM$  個に分割した幅に相当する。

## 【 0 1 0 3 】

## 【数 1 4】

$$f_s = \frac{2\pi}{LM} \quad \dots (14)$$

## 【 0 1 0 4 】

よって、オフセットの  $1/2$  サンプル周波数は、次式で表される。

## 【 0 1 0 5 】

## 【数 1 5】

$$f_s/2 = \frac{\pi}{LM} \quad \dots (15)$$

## 【 0 1 0 6 】

例えば、 $L = 2$ 、 $M = 2$  の場合、 $1/2$  サンプル周波数は、 $\pi/4$  である。

## 【 0 1 0 7 】

式 (13) を式 (15) に代入することで、この  $1/2$  サンプル周波数は、サブキャリア周波数（即ち、サブキャリアの帯域幅）を用いると次式で表される。

## 【 0 1 0 8 】

## 【数 1 6】

$$f_s/2 = \frac{f_{sub}}{2M} \quad \dots (16)$$

## 【 0 1 0 9 】

このように、サブシンボル数が偶数である場合のオフセット（即ち、 $1/2$  サンプル周波数）は、サブキャリア周波数をサブシンボル数  $M$  の倍数で割った値に相当する。注目すべきは、オフセットは、オーバーサンプル比  $L$  に依存せず、サブキャリア周波数及びサブシンボル数  $M$  にのみ依存する値である点である。

## 【 0 1 1 0 】

以上説明した事項をまとめると、サブシンボル数が奇数の場合、プロトタイプフィルタからサンプリングされた、 $i = 0, \dots, LM - 1$  で、 $-\pi + i \cdot 2\pi / LM$  の  $LM$  個の値がフィルタ係数となる。また、サブシンボル数が偶数の場合、プロトタイプフィルタからサンプリングされた、 $i = 0, \dots, LM - 1$  で、 $-\pi + i \cdot 2\pi / LM + \pi / LM$  の  $LM$  個の値がフィルタ係数となる。

## 【 0 1 1 1 】

10

20

30

40

50

## (3) 処理の流れ

以下、図14及び図15を参照して、送信装置における処理の流れを説明する。

## 【0112】

図14は、本実施形態に係る基地局100において実行される送信処理の流れの一例を示すフローチャートである。図14に示すように、まず、送信処理部151は、サブシンボル数及びサブキャリア数を設定する(ステップS102)。次いで、フィルタ設定部153は、サブシンボル数の設定に基づいてフィルタ係数を設定する(ステップS104)。詳しくは、フィルタ設定部153は、サブシンボル数が奇数の場合は第1の規則により、サブシンボル数が偶数の場合は第2の規則により、プロトタイプフィルタからサンプリングしたフィルタ係数を設定する。次に、送信処理部151は、図7に示したFEC符号化からプリコーディングまでの各処理を行った信号にFFTを適用して周波数ドメインの信号に変換する(ステップS106)。その際、送信処理部151は、図8を参照して上記説明したように、入力信号をサブキャリア数K個に分割して、それぞれM個の複素信号とした上で、それぞれにFFTを適用して周波数ドメインに変換する。次いで、送信処理部151は、各々の周波数ドメインの信号にアップサンプリングを適用し(ステップS108)、ステップS104において設定されたフィルタ係数を用いてフィルタリングする(ステップS110)。次に、送信処理部151は、フィルタリング後の各信号を、対応するサブキャリアの周波数にマッピングして周波数多重する(ステップS112)。次いで、送信処理部151は、周波数多重された信号をIFFTにより時間ドメインの信号に変換して(ステップS114)、送信する(ステップS116)。以上により、処理は終了する。

10

20

## 【0113】

次いで、ステップS104における処理の流れを、図15を参照して説明する。

## 【0114】

図15は、本実施形態に係る基地局100において実行されるフィルタ係数の設定処理の流れの一例を示すフローチャートである。図15に示したように、まず、フィルタ設定部153は、サブシンボル数が奇数であるか否かを判定する(ステップS202)。サブシンボル数が奇数であると判定された場合(ステップS202/YES)、フィルタ設定部153は、プロトタイプフィルタから、 $i = 0, \dots, LM - 1$ で、 $- + i * 2 / LM$ のLM個の値をサンプリングして、フィルタ係数とする(ステップS204)。一方で、サブシンボル数が偶数であると判定された場合(ステップS202/NO)、フィルタ設定部153は、プロトタイプフィルタから、 $i = 0, \dots, LM - 1$ で、 $- + i * 2 / LM + / LM$ のLM個の値をサンプリングして、フィルタ係数とする(ステップS206)。以上により、処理は終了する。

30

## 【0115】

< 4.2. 受信処理 >

続いて、図16～図18を参照して、受信処理に関する技術的特徴を説明する。

## 【0116】

## (1) 受信装置の構成例

端末装置200(例えば、受信処理部241)は、GFD M変調されて送信された信号を受信してGFD M復調を行う。即ち、端末装置200は、ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかが可変に設定されて送信された信号を受信及び復調して、データを取得する。その際、端末装置200は、送信側で適用されたパルス整形フィルタに対応するパルス整形フィルタを適用し(即ち、フィルタ係数を乗算する)、送信側で適用されたアップサンプリングに対応するダウンサンプリングを行う。

40

## 【0117】

とりわけ、本実施形態に係る端末装置200は、周波数ドメインGFD Mの枠組みにおいて、GFD M復調を行う。即ち、端末装置200は、周波数ドメインでフィルタ係数を用いてフィルタリングを行い、その後ダウンサンプリングを適用する。これにより、少な

50

い計算量でGFD M復調を行うことが可能となる。

【0118】

以下、図16及び図17を参照しながら、周波数ドメインGFD Mの枠組みにおいて行われる、GFD M復調を伴う受信処理について説明する。

【0119】

図16は、受信装置（即ち、端末装置200）の構成例を示すブロック図である。受信装置は、アンテナにより受信された信号に対し、アナログFEによる信号処理を行い、GFD M復調を行う。GFD M復調器においては、受信装置は、受信したシンボルから元のデータを取り出すための処理を行う。そのためには、GFD M復調器は、送信に用いられたGFD Mの変換行列Aに対する整合フィルタ受信となるAの共役転置行列 $A^H$ を乗じる回路、ゼロフォース受信となる逆行列 $A^{-1}$ を掛け合わせる回路、あるいは、MMSE（Minimum Mean Square Error）受信回路などであってもよい。その後、受信装置は、MIMO等化、送信レイヤのデマッピングを行う。その後、受信装置は、受信データごとにデインタリーピング、デスクランプリング、レートマッチング及びFEC復号化を行い、データを出力する。

10

【0120】

なお、アナログFEは無線通信部220に相当してもよく、アンテナはアンテナ部210に相当してもよく、その他の構成要素は受信処理部241に相当してもよい。もちろん、その他の任意の対応関係も許容される。

【0121】

続いて、図17を参照して、図16に示したGFD M復調器について詳細に説明する。

20

【0122】

図17は、周波数ドメインGFD MにおけるGFD M復調器の構成の一例を示すブロック図である。図17に示すように、GFD M復調器は、受信したGFD MコードワードにFFTを適用して周波数ドメインに変換する。次いで、GFD M復調器は、送信処理と同様に、K個のサブバンドごとにパルス整形フィルタを適用する。パルス整形フィルタのフィルタ係数の設定については、後に詳しく説明する。次に、GFD M復調器は、送信側でのアップサンプリングと同一のオーバーサンプル比を用いてダウンサンプリングを行う。そして、GFD M復調器は、このようにして得られたK個の信号にIFFTを適用して連結したデータを出力する。

30

【0123】

（2）フィルタ係数の設定

本実施形態に係る端末装置200（例えば、フィルタ設定部243）は、送信側と同様にしてフィルタ係数を設定する。より詳しくは、端末装置200は、GFD M変調されて送信された信号に適用するフィルタ係数を、単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従って設定する。奇数である場合の規則は送信側と同様に第1の規則であり、偶数である場合の規則は送信側と同様に第2の規則である。このように、端末装置200は、送信側と同様の規則によりフィルタリングを行うことで、GFD M復調を適切に行うことが可能となる。

【0124】

（3）処理の流れ

以下、図18を参照して、受信装置における処理の流れを説明する。

【0125】

図18は、本実施形態に係る端末装置200において実行される受信処理の流れの一例を示すフローチャートである。図18に示すように、まず、受信処理部241は、サブシンボル数及びサブキャリア数を設定する（ステップS302）。この設定内容は送信側と同一であり、例えばシステム1内で共通のものが用いられる、又は送信側から通知される。次いで、フィルタ設定部243は、サブシンボル数の設定に基づいてフィルタ係数を設定する（ステップS304）。詳しくは、フィルタ設定部243は、サブシンボル数が奇数の場合は第1の規則により、サブシンボル数が偶数の場合は第2の規則により、プロト

40

50

タイプフィルタからサンプリングしたフィルタ係数を設定する。次に、受信処理部 241 は、受信信号に F F T を適用して周波数ドメインに変換する（ステップ S 306）。次いで、受信処理部 241 は、各サブキャリアに対応する周波数ドメインの信号を、ステップ S 304 において設定されたフィルタ係数を用いてフィルタリングする（ステップ S 308）。次に、受信処理部 241 は、フィルタリングされた各信号をダウンサンプリングして（ステップ S 310）、ダウンサンプリングされた信号を対応する周波数にマッピングして周波数多重する（ステップ S 312）。次いで、受信処理部 241 は、周波数多重された信号を I F F T により時間ドメインの信号に変換して（ステップ S 314）、図 16 に示した M I M O 等化から F E C 復号化までの各処理を行って、復号データを出力する（ステップ S 316）。以上により、処理は終了する。

10

## 【 0 1 2 6 】

< < 5 . シミュレーション結果 > >

以下、図 19 ~ 図 21 を参照して、本実施形態に係る基地局 100 及び端末装置 200 に関するシミュレーション結果を参照しながら、本実施形態に係る G F D M 変調の効果を説明する。

## 【 0 1 2 7 】

図 19 は、サブシンボル数が偶数であっても奇数であっても第 1 の規則が採用される場合の行列  $A'_{\text{F}}$  の行列式  $\det(A'_{\text{F}})$  の値を示す図である。図 19 では、サブシンボル数  $M$  及びサブキャリア数  $K$  を、それぞれ 2 から 10 まで変化させた場合の様子を示している。行列式の値がゼロである箇所には、×印が記されている。

20

## 【 0 1 2 8 】

一般的に、行列の非正則性は、その行列式の値により評価することが可能である。具体的には、行列式の値がゼロになる場合、当該行列は非正則であり、行列式の値がゼロにならない場合、当該行列は正則である。

## 【 0 1 2 9 】

図 19 に示すように、サブシンボル数及びサブキャリア数が共に偶数の場合、行列式の値が 0 となっており、逆行列が存在しないことが分かる。よって、サブシンボル数が偶数であっても奇数であっても第 1 の規則が採用される場合、受信側は復調に失敗することとなる。

## 【 0 1 3 0 】

図 20 は、サブシンボル数が奇数の場合に第 1 の規則が採用され、サブシンボル数が偶数の場合に第 2 の規則が採用される場合の行列  $A'_{\text{F}}$  の行列式  $\det(A'_{\text{F}})$  の値を示す図である。図 20 では、サブシンボル数  $M$  及びサブキャリア数  $K$  を、それぞれ 2 から 10 まで変化させた場合の様子を示している。

30

## 【 0 1 3 1 】

図 20 に示すように、×印が記されている箇所はない。即ち、サブシンボル数及びサブキャリア数のどの組み合わせにおいても行列式の値はゼロではなく、行列  $A'_{\text{F}}$  に逆行列が存在することが分かる。特に、図 19 においては×印が記されていた、サブシンボル数及びサブキャリア数が共に偶数の場合であっても、図 20 においては行列式の値はゼロではなく、行列  $A'_{\text{F}}$  に逆行列が存在することが分かる。即ち、本実施形態に係る G F D M 変調では、サブシンボル数が偶数であっても、受信側での復調を成功させることが可能である。

40

## 【 0 1 3 2 】

さらに、サブシンボル数及びサブキャリア数が共に偶数である場合の行列式の値は、サブキャリア数方向で又はサブシンボル数方向で隣接する他の行列式の値の中間の値となっている。言い換えれば、サブシンボル数が増加するほど、又はサブシンボル数が増加するほど行列式の値が単調減少しており、且つ、凸凹はない。このことは、第 2 の規則が妥当性を有することの証左である。

## 【 0 1 3 3 】

図 21 は、本実施形態に係る G F D M 変調が適用された信号の、 $E_b / N_o$  に対するビ

50

ットエラーレートの一例を示す図である。図 2 1 では、比較のため、サブシンボル数及びサブキャリア数が共に偶数（サブシンボル数  $M = 4$ 、サブキャリア数  $K = 4$ ）である場合の例と、サブシンボル数が奇数（サブシンボル数  $M = 5$ 、サブキャリア数  $K = 4$ ）である場合の例とを示した。なお、シンボルマッピング方式は  $QPSK$  であり、パルス整形フィルタは  $RC$  フィルタであり、ロールオフファクタ  $= 0.5$  であり、オーバーサンプル比  $L = 2$  である。このように、サブシンボル数  $M$  が偶数である場合でも、奇数である場合と比較してビットエラーレートに著しい劣化は認められないので、復調可能であり、且つ十分なビットエラーレートが実現されていることが確認される。

#### 【 0 1 3 4 】

##### < 6 . 応用例 >

本開示に係る技術は、様々な製品へ応用可能である。例えば、基地局 1 0 0 は、マクロ  $eNB$  又はスモール  $eNB$  などのいずれかの種類の  $eNB$  (evolved Node B) として実現されてもよい。スモール  $eNB$  は、ピコ  $eNB$ 、マイクロ  $eNB$  又はホーム (フェムト)  $eNB$  などの、マクロセルよりも小さいセルをカバーする  $eNB$  であってよい。その代わりに、基地局 1 0 0 は、Node B 又は  $BT S$  (Base Transceiver Station) などの他の種類の基地局として実現されてもよい。基地局 1 0 0 は、無線通信を制御する本体 (基地局装置ともいう) と、本体とは別の場所に配置される 1 つ以上の  $RRH$  (Remote Radio Head) とを含んでもよい。また、後述する様々な種類の端末が一時的に又は半永続的に基地局機能を実行することにより、基地局 1 0 0 として動作してもよい。さらに、基地局 1 0 0 の少なくとも一部の構成要素は、基地局装置又は基地局装置のためのモジュールにおいて実現されてもよい。

#### 【 0 1 3 5 】

また、例えば、端末装置 2 0 0 は、スマートフォン、タブレット  $PC$  (Personal Computer)、ノート  $PC$ 、携帯型ゲーム端末、携帯型 / ドングル型のモバイルルータ若しくはデジタルカメラなどのモバイル端末、又はカーナビゲーション装置などの車載端末として実現されてもよい。また、端末装置 2 0 0 は、 $M2M$  (Machine To Machine) 通信を行う端末 ( $MTC$  (Machine Type Communication) 端末ともいう) として実現されてもよい。さらに、端末装置 2 0 0 の少なくとも一部の構成要素は、これら端末に搭載されるモジュール (例えば、1 つのダイで構成される集積回路モジュール) において実現されてもよい。

#### 【 0 1 3 6 】

##### < 6 . 1 . 基地局に関する応用例 >

##### ( 第 1 の応用例 )

図 2 2 は、本開示に係る技術が適用され得る  $eNB$  の概略的な構成の第 1 の例を示すブロック図である。 $eNB 8 0 0$  は、1 つ以上のアンテナ 8 1 0、及び基地局装置 8 2 0 を有する。各アンテナ 8 1 0 及び基地局装置 8 2 0 は、 $RF$  ケーブルを介して互いに接続され得る。

#### 【 0 1 3 7 】

アンテナ 8 1 0 の各々は、単一の又は複数のアンテナ素子 (例えば、 $MIMO$  アンテナを構成する複数のアンテナ素子) を有し、基地局装置 8 2 0 による無線信号の送受信のために使用される。 $eNB 8 0 0$  は、図 2 2 に示したように複数のアンテナ 8 1 0 を有し、複数のアンテナ 8 1 0 は、例えば  $eNB 8 0 0$  が使用する複数の周波数帯域にそれぞれ対応してもよい。なお、図 2 2 には  $eNB 8 0 0$  が複数のアンテナ 8 1 0 を有する例を示したが、 $eNB 8 0 0$  は単一のアンテナ 8 1 0 を有してもよい。

#### 【 0 1 3 8 】

基地局装置 8 2 0 は、コントローラ 8 2 1、メモリ 8 2 2、ネットワークインタフェース 8 2 3 及び無線通信インタフェース 8 2 5 を備える。

#### 【 0 1 3 9 】

コントローラ 8 2 1 は、例えば  $CPU$  又は  $DSP$  であってよく、基地局装置 8 2 0 の上位レイヤの様々な機能を動作させる。例えば、コントローラ 8 2 1 は、無線通信インタフ

10

20

30

40

50

エース 8 2 5 により処理された信号内のデータからデータパケットを生成し、生成したパケットをネットワークインタフェース 8 2 3 を介して転送する。コントローラ 8 2 1 は、複数のベースバンドプロセッサからのデータをバンドリングすることによりバンドルドパケットを生成し、生成したバンドルドパケットを転送してもよい。また、コントローラ 8 2 1 は、無線リソース管理 (Radio Resource Control)、無線ベアラ制御 (Radio Bearer Control)、移動性管理 (Mobility Management)、流入制御 (Admission Control) 又はスケジューリング (Scheduling) などの制御を実行する論理的な機能を有してもよい。また、当該制御は、周辺の eNB 又はコアネットワークノードと連携して実行されてもよい。メモリ 8 2 2 は、RAM 及び ROM を含み、コントローラ 8 2 1 により実行されるプログラム、及び様々な制御データ (例えば、端末リスト、送信電力データ及びスケジューリングデータなど) を記憶する。

10

#### 【0140】

ネットワークインタフェース 8 2 3 は、基地局装置 8 2 0 をコアネットワーク 8 2 4 に接続するための通信インタフェースである。コントローラ 8 2 1 は、ネットワークインタフェース 8 2 3 を介して、コアネットワークノード又は他の eNB と通信してもよい。その場合に、eNB 8 0 0 と、コアネットワークノード又は他の eNB とは、論理的なインタフェース (例えば、S1 インタフェース又は X2 インタフェース) により互いに接続されてもよい。ネットワークインタフェース 8 2 3 は、有線通信インタフェースであってもよく、又は無線バックホールのための無線通信インタフェースであってもよい。ネットワークインタフェース 8 2 3 が無線通信インタフェースである場合、ネットワークインタフェース 8 2 3 は、無線通信インタフェース 8 2 5 により使用される周波数帯域よりもより高い周波数帯域を無線通信に使用してもよい。

20

#### 【0141】

無線通信インタフェース 8 2 5 は、LTE (Long Term Evolution) 又は LTE - Advanced などのいずれかのセルラー通信方式をサポートし、アンテナ 8 1 0 を介して、eNB 8 0 0 のセル内に位置する端末に無線接続を提供する。無線通信インタフェース 8 2 5 は、典型的には、ベースバンド (BB) プロセッサ 8 2 6 及び RF 回路 8 2 7 などを含み得る。BB プロセッサ 8 2 6 は、例えば、符号化 / 復号、変調 / 復調及び多重化 / 逆多重化などを行なってよく、各レイヤ (例えば、L1、MAC (Medium Access Control)、RLC (Radio Link Control) 及び PDCP (Packet Data Convergence Protocol)) の様々な信号処理を実行する。BB プロセッサ 8 2 6 は、コントローラ 8 2 1 の代わりに、上述した論理的な機能の一部又は全部を有してもよい。BB プロセッサ 8 2 6 は、通信制御プログラムを記憶するメモリ、当該プログラムを実行するプロセッサ及び関連する回路を含むモジュールであってもよく、BB プロセッサ 8 2 6 の機能は、上記プログラムのアップデートにより変更可能であってもよい。また、上記モジュールは、基地局装置 8 2 0 のスロットに挿入されるカード若しくはブレードであってもよく、又は上記カード若しくは上記ブレードに搭載されるチップであってもよい。一方、RF 回路 8 2 7 は、ミキサ、フィルタ及びアンプなどを含んでもよく、アンテナ 8 1 0 を介して無線信号を送受信する。

30

#### 【0142】

無線通信インタフェース 8 2 5 は、図 2 2 に示したように複数の BB プロセッサ 8 2 6 を含み、複数の BB プロセッサ 8 2 6 は、例えば eNB 8 0 0 が使用する複数の周波数帯域にそれぞれ対応してもよい。また、無線通信インタフェース 8 2 5 は、図 2 2 に示したように複数の RF 回路 8 2 7 を含み、複数の RF 回路 8 2 7 は、例えば複数のアンテナ素子にそれぞれ対応してもよい。なお、図 2 2 には無線通信インタフェース 8 2 5 が複数の BB プロセッサ 8 2 6 及び複数の RF 回路 8 2 7 を含む例を示したが、無線通信インタフェース 8 2 5 は単一の BB プロセッサ 8 2 6 又は単一の RF 回路 8 2 7 を含んでもよい。

40

#### 【0143】

図 2 2 に示した eNB 8 0 0 において、図 5 を参照して説明した処理部 1 5 0 に含まれる 1 つ以上の構成要素 (送信処理部 1 5 1 及び / 又はフィルタ設定部 1 5 3) は、無線通

50

信インタフェース 825 において実装されてもよい。あるいは、これらの構成要素の少なくとも一部は、コントローラ 821 において実装されてもよい。一例として、eNB 800 は、無線通信インタフェース 825 の一部（例えば、BB プロセッサ 826）若しくは全部、及び/又はコントローラ 821 を含むモジュールを搭載し、当該モジュールにおいて上記 1 つ以上の構成要素が実装されてもよい。この場合に、上記モジュールは、プロセッサを上記 1 つ以上の構成要素として機能させるためのプログラム（換言すると、プロセッサに上記 1 つ以上の構成要素の動作を実行させるためのプログラム）を記憶し、当該プログラムを実行してもよい。別の例として、プロセッサを上記 1 つ以上の構成要素として機能させるためのプログラムが eNB 800 にインストールされ、無線通信インタフェース 825（例えば、BB プロセッサ 826）及び/又はコントローラ 821 が当該プログラムを実行してもよい。以上のように、上記 1 つ以上の構成要素を備える装置として eNB 800、基地局装置 820 又は上記モジュールが提供されてもよく、プロセッサを上記 1 つ以上の構成要素として機能させるためのプログラムが提供されてもよい。また、上記プログラムを記録した読み取り可能な記録媒体が提供されてもよい。

10

## 【0144】

また、図 22 に示した eNB 800 において、図 5 を参照して説明した無線通信部 120 は、無線通信インタフェース 825（例えば、RF 回路 827）において実装されてもよい。また、アンテナ部 110 は、アンテナ 810 において実装されてもよい。また、ネットワーク通信部 130 は、コントローラ 821 及び/又はネットワークインタフェース 823 において実装されてもよい。また、記憶部 140 は、メモリ 822 において実装されてもよい。

20

## 【0145】

（第 2 の応用例）

図 23 は、本開示に係る技術が適用され得る eNB の概略的な構成の第 2 の例を示すブロック図である。eNB 830 は、1 つ以上のアンテナ 840、基地局装置 850、及び RRH 860 を有する。各アンテナ 840 及び RRH 860 は、RF ケーブルを介して互いに接続され得る。また、基地局装置 850 及び RRH 860 は、光ファイバケーブルなどの高速回線で互いに接続され得る。

## 【0146】

アンテナ 840 の各々は、単一の又は複数のアンテナ素子（例えば、MIMO アンテナを構成する複数のアンテナ素子）を有し、RRH 860 による無線信号の送受信のために使用される。eNB 830 は、図 23 に示したように複数のアンテナ 840 を有し、複数のアンテナ 840 は、例えば eNB 830 が使用する複数の周波数帯域にそれぞれ対応してもよい。なお、図 23 には eNB 830 が複数のアンテナ 840 を有する例を示したが、eNB 830 は単一のアンテナ 840 を有してもよい。

30

## 【0147】

基地局装置 850 は、コントローラ 851、メモリ 852、ネットワークインタフェース 853、無線通信インタフェース 855 及び接続インタフェース 857 を備える。コントローラ 851、メモリ 852 及びネットワークインタフェース 853 は、図 22 を参照して説明したコントローラ 821、メモリ 822 及びネットワークインタフェース 823 と同様のものである。

40

## 【0148】

無線通信インタフェース 855 は、LTE 又は LTE - Advanced などのいずれかのセルラー通信方式をサポートし、RRH 860 及びアンテナ 840 を介して、RRH 860 に対応するセクタ内に位置する端末に無線接続を提供する。無線通信インタフェース 855 は、典型的には、BB プロセッサ 856 などを含み得る。BB プロセッサ 856 は、接続インタフェース 857 を介して RRH 860 の RF 回路 864 と接続されることを除き、図 22 を参照して説明した BB プロセッサ 826 と同様のものである。無線通信インタフェース 855 は、図 23 に示したように複数の BB プロセッサ 856 を含み、複数の BB プロセッサ 856 は、例えば eNB 830 が使用する複数の周波数帯域にそれぞ

50

れ対応してもよい。なお、図 23 には無線通信インタフェース 855 が複数の BB プロセッサ 856 を含む例を示したが、無線通信インタフェース 855 は単一の BB プロセッサ 856 を含んでもよい。

【0149】

接続インタフェース 857 は、基地局装置 850 (無線通信インタフェース 855) を RRH 860 と接続するためのインタフェースである。接続インタフェース 857 は、基地局装置 850 (無線通信インタフェース 855) と RRH 860 とを接続する上記高速回線での通信のための通信モジュールであってもよい。

【0150】

また、RRH 860 は、接続インタフェース 861 及び無線通信インタフェース 863 を備える。

【0151】

接続インタフェース 861 は、RRH 860 (無線通信インタフェース 863) を基地局装置 850 と接続するためのインタフェースである。接続インタフェース 861 は、上記高速回線での通信のための通信モジュールであってもよい。

【0152】

無線通信インタフェース 863 は、アンテナ 840 を介して無線信号を送受信する。無線通信インタフェース 863 は、典型的には、RF 回路 864 などを含み得る。RF 回路 864 は、ミキサ、フィルタ及びアンプなどを含んでもよく、アンテナ 840 を介して無線信号を送受信する。無線通信インタフェース 863 は、図 23 に示したように複数の RF 回路 864 を含み、複数の RF 回路 864 は、例えば複数のアンテナ素子にそれぞれ対応してもよい。なお、図 23 には無線通信インタフェース 863 が複数の RF 回路 864 を含む例を示したが、無線通信インタフェース 863 は単一の RF 回路 864 を含んでもよい。

【0153】

図 23 に示した eNB 830 において、図 5 を参照して説明した処理部 150 に含まれる 1 つ以上の構成要素 (送信処理部 151 及び/又はフィルタ設定部 153) は、無線通信インタフェース 855 及び/又は無線通信インタフェース 863 において実装されてもよい。あるいは、これらの構成要素の少なくとも一部は、コントローラ 851 において実装されてもよい。一例として、eNB 830 は、無線通信インタフェース 855 の一部 (例えば、BB プロセッサ 856) 若しくは全部、及び/又はコントローラ 851 を含むモジュールを搭載し、当該モジュールにおいて上記 1 つ以上の構成要素が実装されてもよい。この場合に、上記モジュールは、プロセッサを上記 1 つ以上の構成要素として機能させるためのプログラム (換言すると、プロセッサに上記 1 つ以上の構成要素の動作を実行させるためのプログラム) を記憶し、当該プログラムを実行してもよい。別の例として、プロセッサを上記 1 つ以上の構成要素として機能させるためのプログラムが eNB 830 にインストールされ、無線通信インタフェース 855 (例えば、BB プロセッサ 856) 及び/又はコントローラ 851 が当該プログラムを実行してもよい。以上のように、上記 1 つ以上の構成要素を備える装置として eNB 830、基地局装置 850 又は上記モジュールが提供されてもよく、プロセッサを上記 1 つ以上の構成要素として機能させるためのプログラムが提供されてもよい。また、上記プログラムを記録した読み取り可能な記録媒体が提供されてもよい。

【0154】

また、図 23 に示した eNB 830 において、例えば、図 5 を参照して説明した無線通信部 120 は、無線通信インタフェース 863 (例えば、RF 回路 864) において実装されてもよい。また、アンテナ部 110 は、アンテナ 840 において実装されてもよい。また、ネットワーク通信部 130 は、コントローラ 851 及び/又はネットワークインタフェース 853 において実装されてもよい。また、記憶部 140 は、メモリ 852 において実装されてもよい。

【0155】

10

20

30

40

50

## &lt; 6.2. 端末装置に関する応用例 &gt;

## (第1の応用例)

図24は、本開示に係る技術が適用され得るスマートフォン900の概略的な構成の一例を示すブロック図である。スマートフォン900は、プロセッサ901、メモリ902、ストレージ903、外部接続インタフェース904、カメラ906、センサ907、マイクロフォン908、入力デバイス909、表示デバイス910、スピーカ911、無線通信インタフェース912、1つ以上のアンテナスイッチ915、1つ以上のアンテナ916、バス917、バッテリー918及び補助コントローラ919を備える。

## 【0156】

プロセッサ901は、例えばCPU又はSoC(System on Chip)であってよく、スマートフォン900のアプリケーションレイヤ及びその他のレイヤの機能を制御する。メモリ902は、RAM及びROMを含み、プロセッサ901により実行されるプログラム及びデータを記憶する。ストレージ903は、半導体メモリ又はハードディスクなどの記憶媒体を含み得る。外部接続インタフェース904は、メモリーカード又はUSB(Universal Serial Bus)デバイスなどの外付けデバイスをスマートフォン900へ接続するためのインタフェースである。

## 【0157】

カメラ906は、例えば、CCD(Charge Coupled Device)又はCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)などの撮像素子を有し、撮像画像を生成する。センサ907は、例えば、測位センサ、ジャイロセンサ、地磁気センサ及び加速度センサなどのセンサ群を含み得る。マイクロフォン908は、スマートフォン900へ入力される音声を音声信号へ変換する。入力デバイス909は、例えば、表示デバイス910の画面上へのタッチを検出するタッチセンサ、キーパッド、キーボード、ボタン又はスイッチなどを含み、ユーザからの操作又は情報入力を受け付ける。表示デバイス910は、液晶ディスプレイ(LCD)又は有機発光ダイオード(OLED)ディスプレイなどの画面を有し、スマートフォン900の出力画像を表示する。スピーカ911は、スマートフォン900から出力される音声信号を音声に変換する。

## 【0158】

無線通信インタフェース912は、LTE又はLTE-Advancedなどのいずれかのセルラー通信方式をサポートし、無線通信を実行する。無線通信インタフェース912は、典型的には、BBプロセッサ913及びRF回路914などを含み得る。BBプロセッサ913は、例えば、符号化/復号、変調/復調及び多重化/逆多重化などを行なってよく、無線通信のための様々な信号処理を実行する。一方、RF回路914は、ミキサ、フィルタ及びアンプなどを含んでもよく、アンテナ916を介して無線信号を送受信する。無線通信インタフェース912は、BBプロセッサ913及びRF回路914を集積したワンチップのモジュールであってもよい。無線通信インタフェース912は、図24に示したように複数のBBプロセッサ913及び複数のRF回路914を含んでもよい。なお、図24には無線通信インタフェース912が複数のBBプロセッサ913及び複数のRF回路914を含む例を示したが、無線通信インタフェース912は単一のBBプロセッサ913又は単一のRF回路914を含んでもよい。

## 【0159】

さらに、無線通信インタフェース912は、セルラー通信方式に加えて、近距離無線通信方式、近接無線通信方式又は無線LAN(Local Area Network)方式などの他の種類の無線通信方式をサポートしてもよく、その場合に、無線通信方式ごとのBBプロセッサ913及びRF回路914を含んでもよい。

## 【0160】

アンテナスイッチ915の各々は、無線通信インタフェース912に含まれる複数の回路(例えば、異なる無線通信方式のための回路)の間でアンテナ916の接続先を切り替える。

## 【0161】

10

20

30

40

50

アンテナ 916 の各々は、単一の又は複数のアンテナ素子（例えば、MIMOアンテナを構成する複数のアンテナ素子）を有し、無線通信インタフェース 912 による無線信号の送受信のために使用される。スマートフォン 900 は、図 24 に示したように複数のアンテナ 916 を有してもよい。なお、図 24 にはスマートフォン 900 が複数のアンテナ 916 を有する例を示したが、スマートフォン 900 は単一のアンテナ 916 を有してもよい。

#### 【0162】

さらに、スマートフォン 900 は、無線通信方式ごとにアンテナ 916 を備えてもよい。その場合に、アンテナスイッチ 915 は、スマートフォン 900 の構成から省略されてもよい。

#### 【0163】

バス 917 は、プロセッサ 901、メモリ 902、ストレージ 903、外部接続インタフェース 904、カメラ 906、センサ 907、マイクロフォン 908、入力デバイス 909、表示デバイス 910、スピーカ 911、無線通信インタフェース 912 及び補助コントローラ 919 を互いに接続する。バッテリー 918 は、図中に破線で部分的に示した給電ラインを介して、図 24 に示したスマートフォン 900 の各ブロックへ電力を供給する。補助コントローラ 919 は、例えば、スリープモードにおいて、スマートフォン 900 の必要最低限の機能を動作させる。

#### 【0164】

図 24 に示したスマートフォン 900 において、図 6 を参照して説明した処理部 240 に含まれる 1 つ以上の構成要素（受信処理部 241 及び/又はフィルタ設定部 243）は、無線通信インタフェース 912 において実装されてもよい。あるいは、これらの構成要素の少なくとも一部は、プロセッサ 901 又は補助コントローラ 919 において実装されてもよい。一例として、スマートフォン 900 は、無線通信インタフェース 912 の一部（例えば、BB プロセッサ 913）若しくは全部、プロセッサ 901、及び/又は補助コントローラ 919 を含むモジュールを搭載し、当該モジュールにおいて上記 1 つ以上の構成要素が実装されてもよい。この場合に、上記モジュールは、プロセッサを上記 1 つ以上の構成要素として機能させるためのプログラム（換言すると、プロセッサに上記 1 つ以上の構成要素の動作を実行させるためのプログラム）を記憶し、当該プログラムを実行してもよい。別の例として、プロセッサを上記 1 つ以上の構成要素として機能させるためのプログラムがスマートフォン 900 にインストールされ、無線通信インタフェース 912（例えば、BB プロセッサ 913）、プロセッサ 901、及び/又は補助コントローラ 919 が当該プログラムを実行してもよい。以上のように、上記 1 つ以上の構成要素を備える装置としてスマートフォン 900 又は上記モジュールが提供されてもよく、プロセッサを上記 1 つ以上の構成要素として機能させるためのプログラムが提供されてもよい。また、上記プログラムを記録した読み取り可能な記録媒体が提供されてもよい。

#### 【0165】

また、図 24 に示したスマートフォン 900 において、例えば、図 6 を参照して説明した無線通信部 220 は、無線通信インタフェース 912（例えば、RF 回路 914）において実装されてもよい。また、アンテナ部 210 は、アンテナ 916 において実装されてもよい。また、記憶部 230 は、メモリ 902 において実装されてもよい。

#### 【0166】

（第 2 の応用例）

図 25 は、本開示に係る技術が適用され得るカーナビゲーション装置 920 の概略的な構成の一例を示すブロック図である。カーナビゲーション装置 920 は、プロセッサ 921、メモリ 922、GPS (Global Positioning System) モジュール 924、センサ 925、データインタフェース 926、コンテンツプレーヤ 927、記憶媒体インタフェース 928、入力デバイス 929、表示デバイス 930、スピーカ 931、無線通信インタフェース 933、1 つ以上のアンテナスイッチ 936、1 つ以上のアンテナ 937 及びバッテリー 938 を備える。

10

20

30

40

50

## 【0167】

プロセッサ921は、例えばCPU又はSOCであってよく、カーナビゲーション装置920のナビゲーション機能及びその他の機能を制御する。メモリ922は、RAM及びROMを含み、プロセッサ921により実行されるプログラム及びデータを記憶する。

## 【0168】

GPSモジュール924は、GPS衛星から受信されるGPS信号を用いて、カーナビゲーション装置920の位置（例えば、緯度、経度及び高度）を測定する。センサ925は、例えば、ジャイロセンサ、地磁気センサ及び気圧センサなどのセンサ群を含み得る。データインタフェース926は、例えば、図示しない端子を介して車載ネットワーク941に接続され、車速データなどの車両側で生成されるデータを取得する。

10

## 【0169】

コンテンツプレーヤ927は、記憶媒体インタフェース928に挿入される記憶媒体（例えば、CD又はDVD）に記憶されているコンテンツを再生する。入力デバイス929は、例えば、表示デバイス930の画面上へのタッチを検出するタッチセンサ、ボタン又はスイッチなどを含み、ユーザからの操作又は情報入力を受け付ける。表示デバイス930は、LCD又はOLEDディスプレイなどの画面を有し、ナビゲーション機能又は再生されるコンテンツの画像を表示する。スピーカ931は、ナビゲーション機能又は再生されるコンテンツの音声を出力する。

## 【0170】

無線通信インタフェース933は、LTE又はLTE-Advancedなどのいずれかのセルラー通信方式をサポートし、無線通信を実行する。無線通信インタフェース933は、典型的には、BBプロセッサ934及びRF回路935などを含み得る。BBプロセッサ934は、例えば、符号化/復号、変調/復調及び多重化/逆多重化などを行なってよく、無線通信のための様々な信号処理を実行する。一方、RF回路935は、ミキサ、フィルタ及びアンプなどを含んでもよく、アンテナ937を介して無線信号を送受信する。無線通信インタフェース933は、BBプロセッサ934及びRF回路935を集積したワンチップのモジュールであってもよい。無線通信インタフェース933は、図25に示したように複数のBBプロセッサ934及び複数のRF回路935を含んでもよい。なお、図25には無線通信インタフェース933が複数のBBプロセッサ934及び複数のRF回路935を含む例を示したが、無線通信インタフェース933は単一のBBプロセッサ934又は単一のRF回路935を含んでもよい。

20

30

## 【0171】

さらに、無線通信インタフェース933は、セルラー通信方式に加えて、近距離無線通信方式、近接無線通信方式又は無線LAN方式などの他の種類の無線通信方式をサポートしてもよく、その場合に、無線通信方式ごとのBBプロセッサ934及びRF回路935を含んでもよい。

## 【0172】

アンテナスイッチ936の各々は、無線通信インタフェース933に含まれる複数の回路（例えば、異なる無線通信方式のための回路）の間でアンテナ937の接続先を切り替える。

40

## 【0173】

アンテナ937の各々は、単一の又は複数のアンテナ素子（例えば、MIMOアンテナを構成する複数のアンテナ素子）を有し、無線通信インタフェース933による無線信号の送受信のために使用される。カーナビゲーション装置920は、図25に示したように複数のアンテナ937を有してもよい。なお、図25にはカーナビゲーション装置920が複数のアンテナ937を有する例を示したが、カーナビゲーション装置920は単一のアンテナ937を有してもよい。

## 【0174】

さらに、カーナビゲーション装置920は、無線通信方式ごとにアンテナ937を備えてもよい。その場合に、アンテナスイッチ936は、カーナビゲーション装置920の構

50

成から省略されてもよい。

【0175】

バッテリー938は、図中に破線で部分的に示した給電ラインを介して、図25に示したカーナビゲーション装置920の各ブロックへ電力を供給する。また、バッテリー938は、車両側から給電される電力を蓄積する。

【0176】

図25に示したカーナビゲーション装置920において、図6を参照して説明した処理部240に含まれる1つ以上の構成要素（受信処理部241及び/又はフィルタ設定部243）は、無線通信インタフェース933において実装されてもよい。あるいは、これらの構成要素の少なくとも一部は、プロセッサ921において実装されてもよい。一例として、カーナビゲーション装置920は、無線通信インタフェース933の一部（例えば、BBプロセッサ934）若しくは全部及び/又はプロセッサ921を含むモジュールを搭載し、当該モジュールにおいて上記1つ以上の構成要素が実装されてもよい。この場合に、上記モジュールは、プロセッサを上記1つ以上の構成要素として機能させるためのプログラム（換言すると、プロセッサに上記1つ以上の構成要素の動作を実行させるためのプログラム）を記憶し、当該プログラムを実行してもよい。別の例として、プロセッサを上記1つ以上の構成要素として機能させるためのプログラムがカーナビゲーション装置920にインストールされ、無線通信インタフェース933（例えば、BBプロセッサ934）及び/又はプロセッサ921が当該プログラムを実行してもよい。以上のように、上記1つ以上の構成要素を備える装置としてカーナビゲーション装置920又は上記モジュールが提供されてもよく、プロセッサを上記1つ以上の構成要素として機能させるためのプログラムが提供されてもよい。また、上記プログラムを記録した読み取り可能な記録媒体が提供されてもよい。

【0177】

また、図25に示したカーナビゲーション装置920において、例えば、図6を参照して説明した無線通信部220は、無線通信インタフェース933（例えば、RF回路935）において実装されてもよい。また、アンテナ部210は、アンテナ937において実装されてもよい。また、記憶部230は、メモリ922において実装されてもよい。

【0178】

また、本開示に係る技術は、上述したカーナビゲーション装置920の1つ以上のブロックと、車載ネットワーク941と、車両側モジュール942とを含む車載システム（又は車両）940として実現されてもよい。即ち、受信処理部241及びフィルタ設定部243を備える装置として車載システム（又は車両）940が提供されてもよい。車両側モジュール942は、車速、エンジン回転数又は故障情報などの車両側データを生成し、生成したデータを車載ネットワーク941へ出力する。

【0179】

<<7.まとめ>>

以上、図1～図25を参照して、本開示の一実施形態について詳細に説明した。上記説明したように、本実施形態に係る送信装置は、ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかを可変に設定し、単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従って適用するフィルタ係数を設定する。これにより、サブシンボル数が偶数であっても奇数であっても、パルス整形フィルタの周波数特性を変更せずともGFDMの変換行列が常に正則となる。そのため、変換行列の逆行列が存在することとなるので、受信側でのゼロフォーシングによる復調が可能となる。さらに、サンプル周波数の1/2に相当するオフセットを持たせてプロトタイプフィルタからフィルタ係数をサンプリングすることにより、サブシンボル数が偶数であっても、著しいビットエラーレートの劣化を防止することが可能となる。このようにして、サブシンボル数を奇数にするというリソース設定の制限を解除しても、受信側での復調を成功させることが可能となる。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 8 0 】

以上、添付図面を参照しながら本開示の好適な実施形態について詳細に説明したが、本開示の技術的範囲はかかる例に限定されない。本開示の技術分野における通常の知識を有する者であれば、請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本開示の技術的範囲に属するものと了解される。

## 【 0 1 8 1 】

例えば、上記実施形態では、基地局 1 0 0 が送信装置であり端末装置 2 0 0 が受信装置である例を説明したが、本技術はかかる例に限定されない。例えば、端末装置 2 0 0 が送信装置で、基地局 1 0 0 が受信装置であってもよい。その場合、処理部 2 4 0 が送信処理部 1 5 1 及びフィルタ設定部 1 5 3 としての機能を有し、処理部 1 5 0 が受信処理部 2 4 1 及びフィルタ設定部 2 4 3 としての機能を有することとなる。他にも D 2 D (Device to Device) 通信を考慮すれば、送信装置及び受信装置が共に端末装置 2 0 0 であってもよい。

## 【 0 1 8 2 】

また、本明細書においてフローチャートを用いて説明した処理は、必ずしも図示された順序で実行されなくてもよい。いくつかの処理ステップは、並列的に実行されてもよい。また、追加的な処理ステップが採用されてもよく、一部の処理ステップが省略されてもよい。図 7、及び図 1 6 に示した信号処理の各種ブロックの順序に関しても同様である。

## 【 0 1 8 3 】

また、本明細書に記載された効果は、あくまで説明的または例示的なものであって限定的ではない。つまり、本開示に係る技術は、上記の効果とともに、または上記の効果に代えて、本明細書の記載から当業者には明らかな他の効果を奏しうる。

## 【 0 1 8 4 】

なお、以下のような構成も本開示の技術的範囲に属する。

## ( 1 )

ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかを可変に設定し、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従って適用するフィルタ係数を設定する処理部、  
を備える、装置。

## ( 2 )

前記処理部は、プロトタイプフィルタを周波数軸上の所定位置から所定間隔でサンプリングした値を前記フィルタ係数として設定し、

前記所定位置は、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じて異なる、前記 ( 1 ) に記載の装置。

## ( 3 )

前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数の場合の前記所定位置は、デフォルトの位置にオフセットを加えた位置である、前記 ( 2 ) に記載の装置。

## ( 4 )

前記オフセットは、サブキャリア周波数をサブシンボルの数の倍数で割った値に相当する、前記 ( 3 ) に記載の装置。

## ( 5 )

前記オフセットは、サンプル周波数の  $1 / 2$  に相当する、前記 ( 3 ) に記載の装置。

## ( 6 )

前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が奇数の場合の前記所定位置は、デフォルトの位置である、前記 ( 2 ) ~ ( 5 ) のいずれか一項に記載の装置。

## ( 7 )

前記デフォルトの位置は、サンプリング角周波数の周期開始位置である、前記 ( 3 ) ~ ( 6 ) のいずれか一項に記載の装置。

10

20

30

40

50

( 8 )

前記処理部は、周波数ドメインでアップサンプリングを適用し、前記アップサンプリングより後に前記フィルタ係数を用いてフィルタリングする、前記( 1 ) ~ ( 7 )のいずれか一項に記載の装置。

( 9 )

前記アップサンプリングでのオーバーサンプル比は2である、前記( 8 )に記載の装置。

( 1 0 )

ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかが可変に設定され送信された信号に適用するフィルタ係数を、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従って設定する処理部、  
を備える、装置。

10

( 1 1 )

ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかを可変に設定し、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従って適用するフィルタ係数をプロセッサにより設定すること、  
を含む方法。

( 1 2 )

ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかが可変に設定され送信された信号に適用するフィルタ係数を、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従ってプロセッサにより設定すること、  
を含む方法。

20

( 1 3 )

コンピュータを、

ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかを可変に設定し、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従って適用するフィルタ係数を設定する処理部、  
として機能させるためのプログラム。

30

( 1 4 )

コンピュータを、

ひとつ以上のサブキャリア又はひとつ以上のサブシンボルから成る単位リソースに含まれるサブキャリアの数又はサブシンボルの数の少なくともいずれかが可変に設定され送信された信号に適用するフィルタ係数を、前記単位リソースに含まれるサブシンボルの数が偶数であるか奇数であるかに応じた異なる規則に従って設定する処理部、  
として機能させるためのプログラム。

【符号の説明】

40

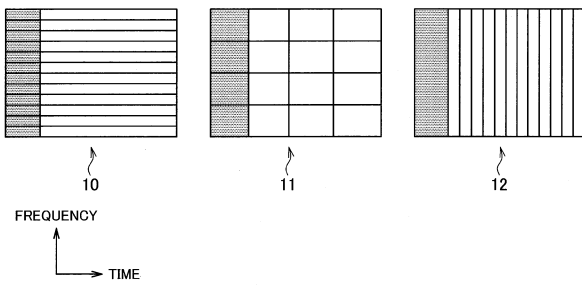
【 0 1 8 5 】

- 1 システム
- 1 0 0 基地局
- 1 1 0 アンテナ部
- 1 2 0 無線通信部
- 1 3 0 ネットワーク通信部
- 1 4 0 記憶部
- 1 5 0 処理部
- 1 5 1 送信処理部
- 1 5 3 フィルタ設定部

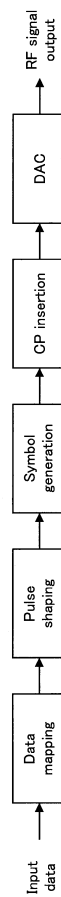
50

- 2 0 0 端末装置
- 2 1 0 アンテナ部
- 2 2 0 無線通信部
- 2 3 0 記憶部
- 2 4 0 処理部
- 2 4 1 受信処理部
- 2 4 3 フィルタ設定部

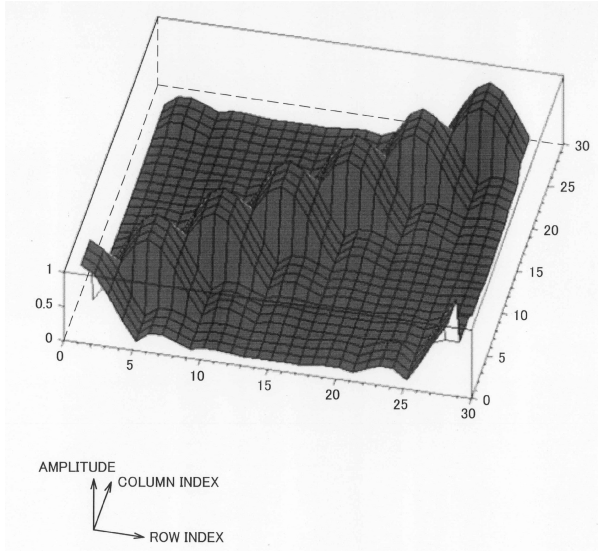
【図1】



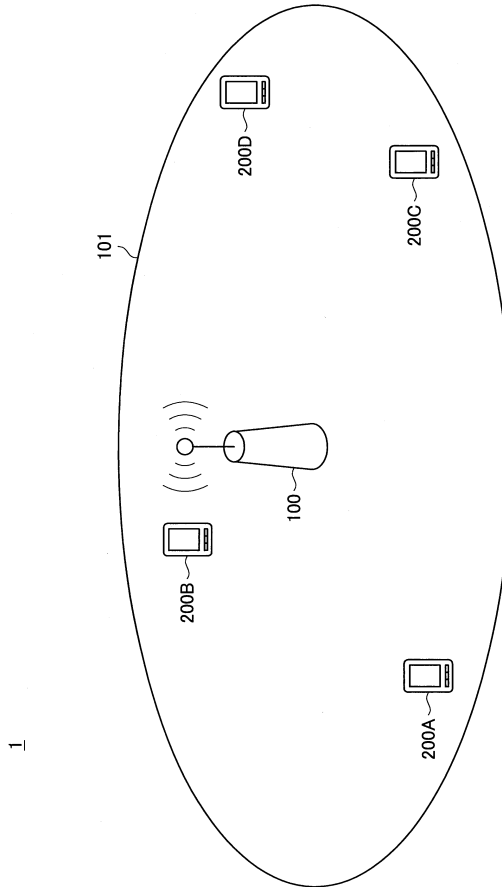
【図2】



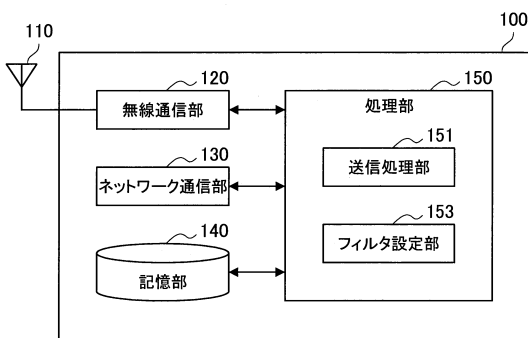
【図3】



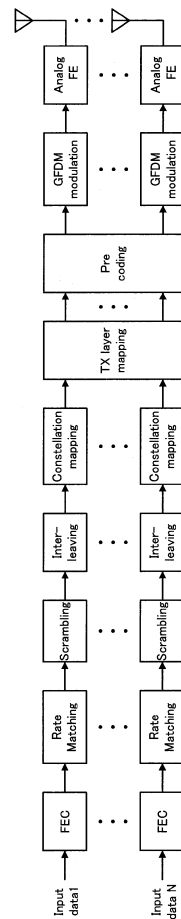
【図4】



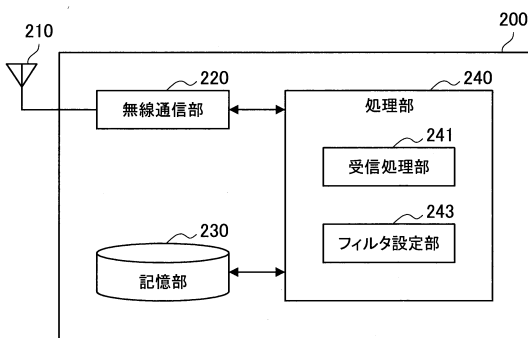
【図5】



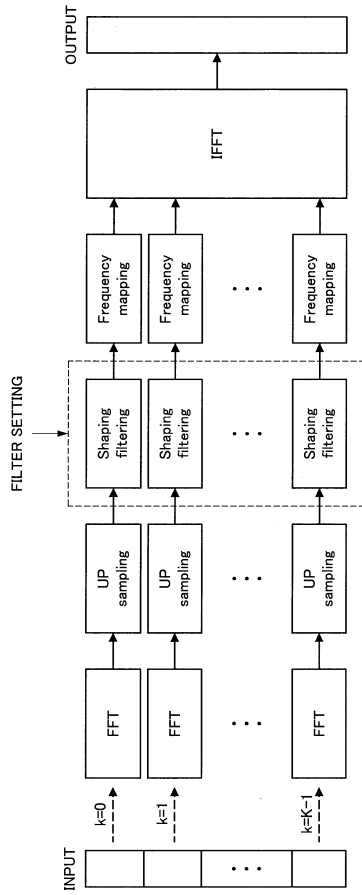
【図7】



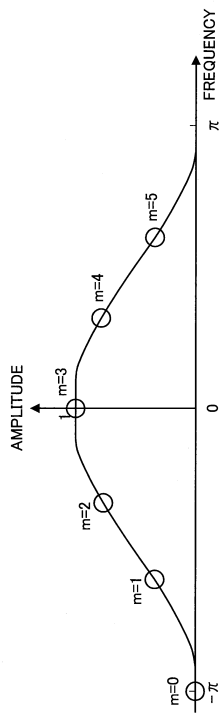
【図6】



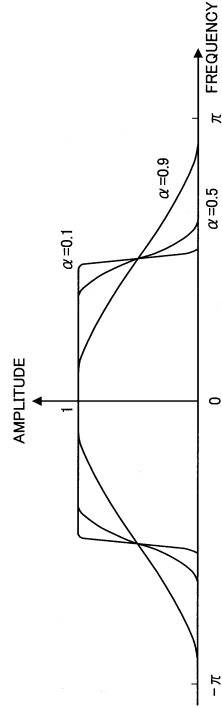
【 8 】



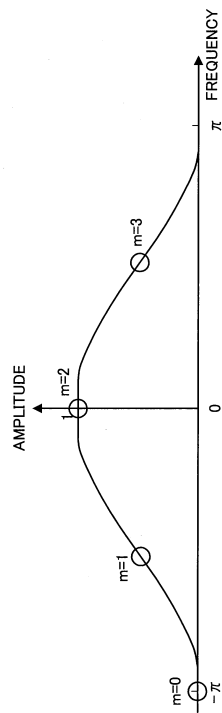
【 10 】



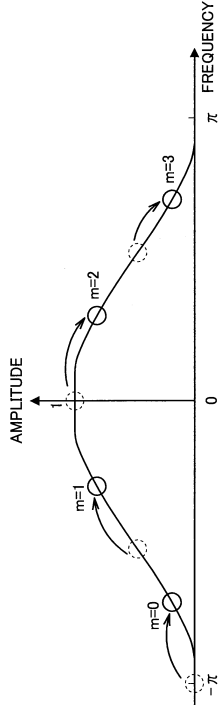
【 9 】



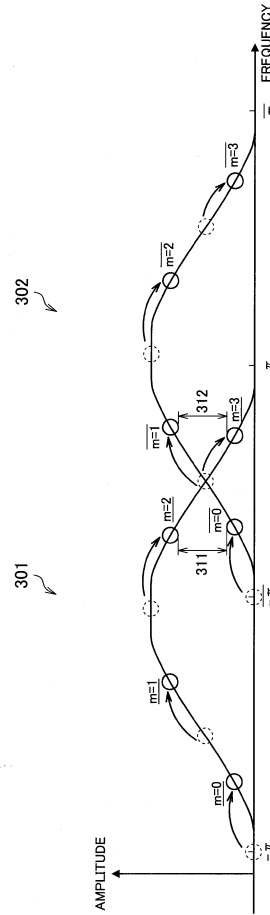
【 11 】



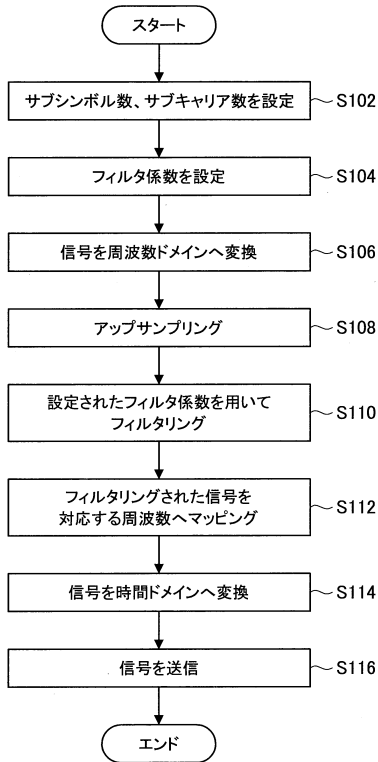
【図12】



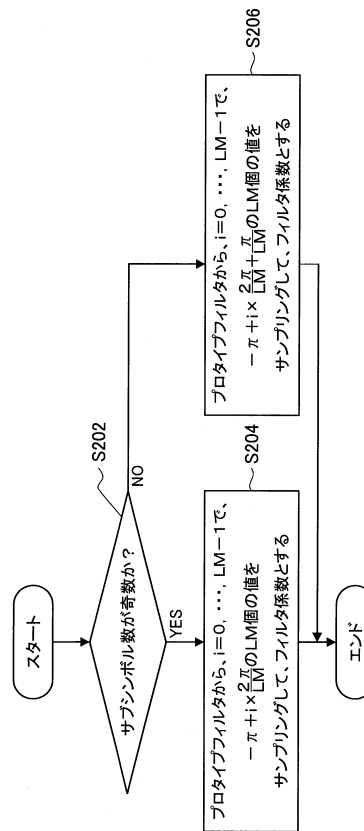
【図13】



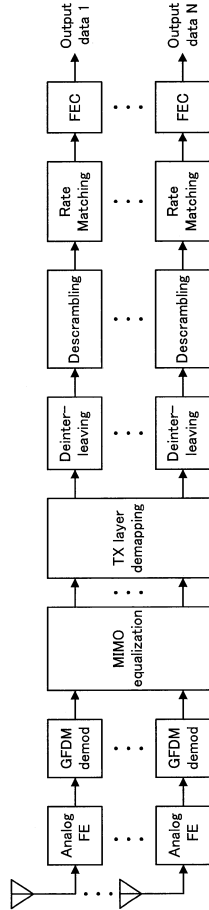
【図14】



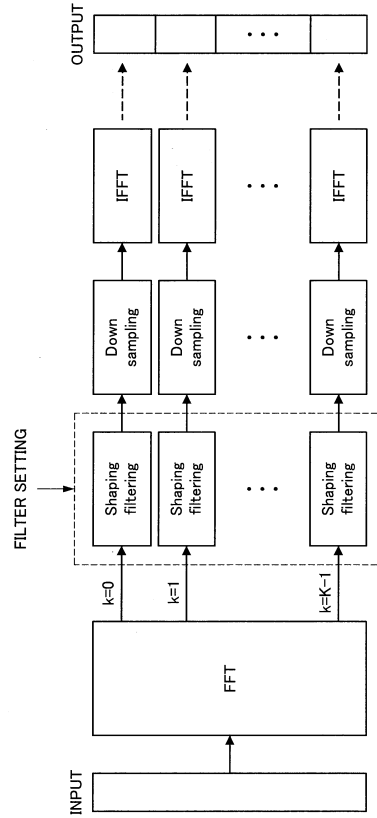
【図15】



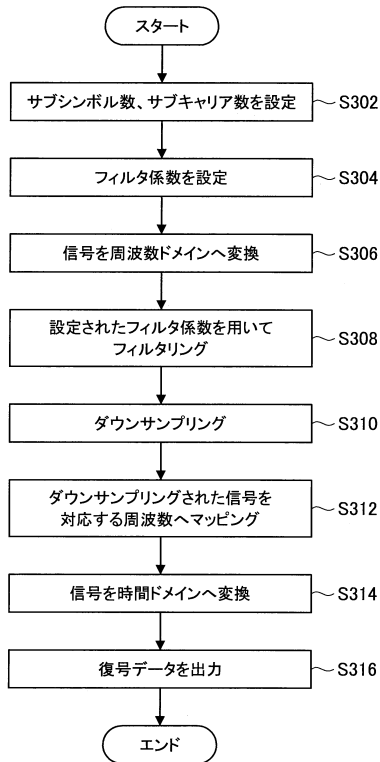
【図16】



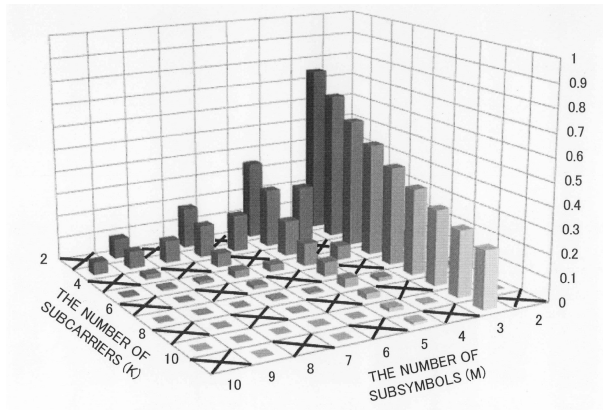
【図17】



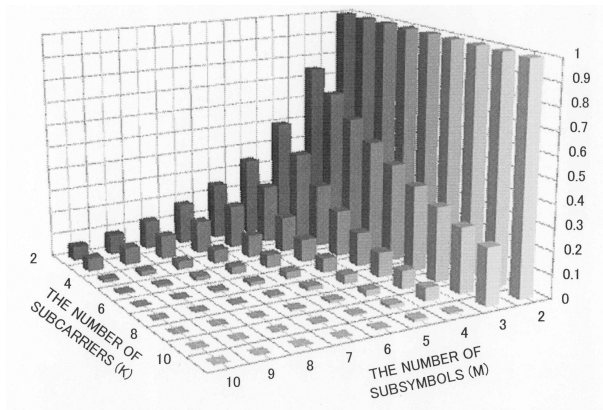
【図18】



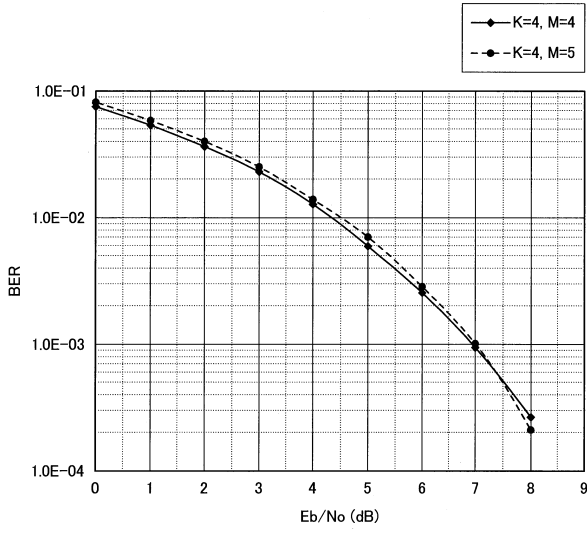
【図19】



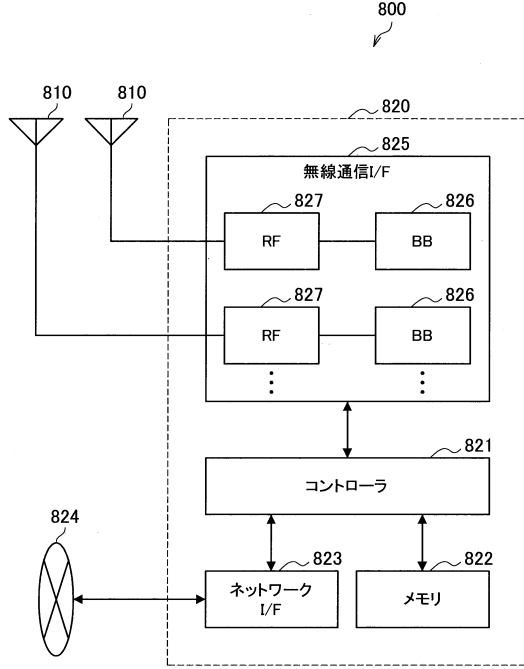
【図20】



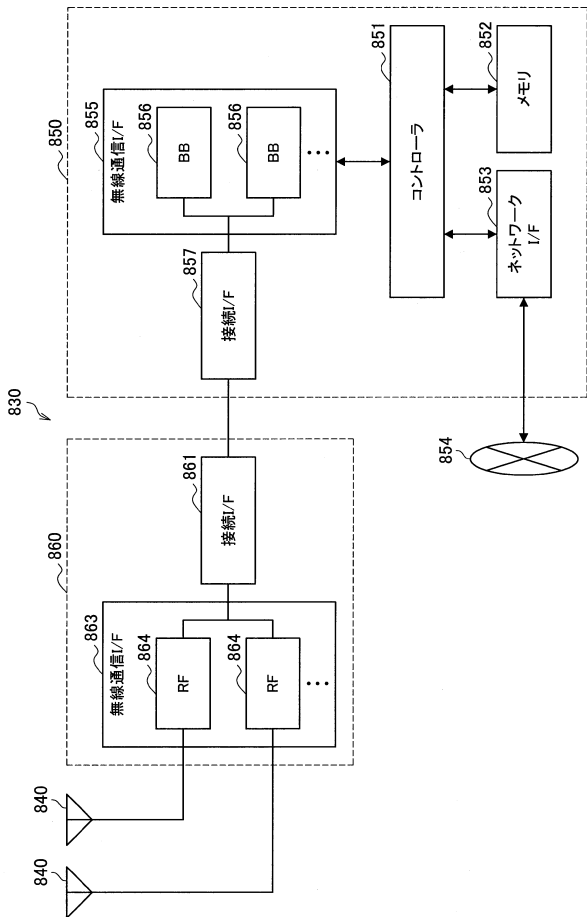
【図 2 1】



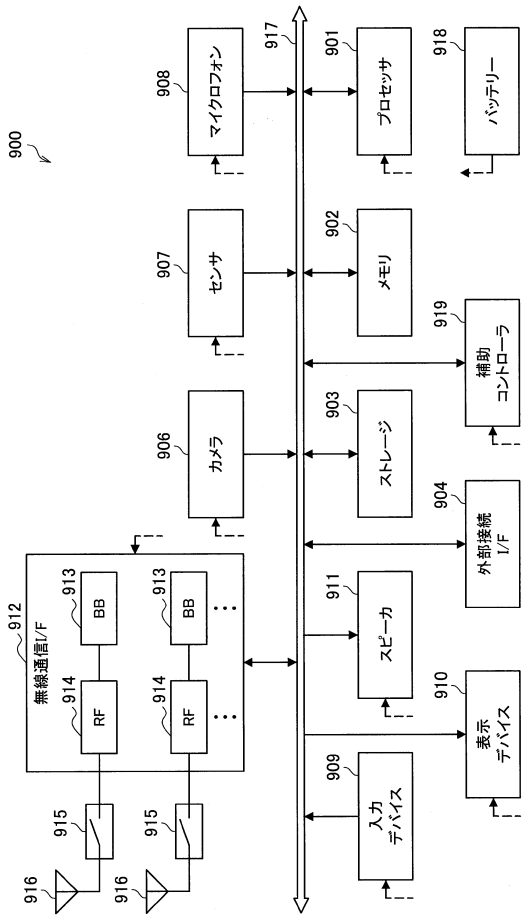
【図 2 2】



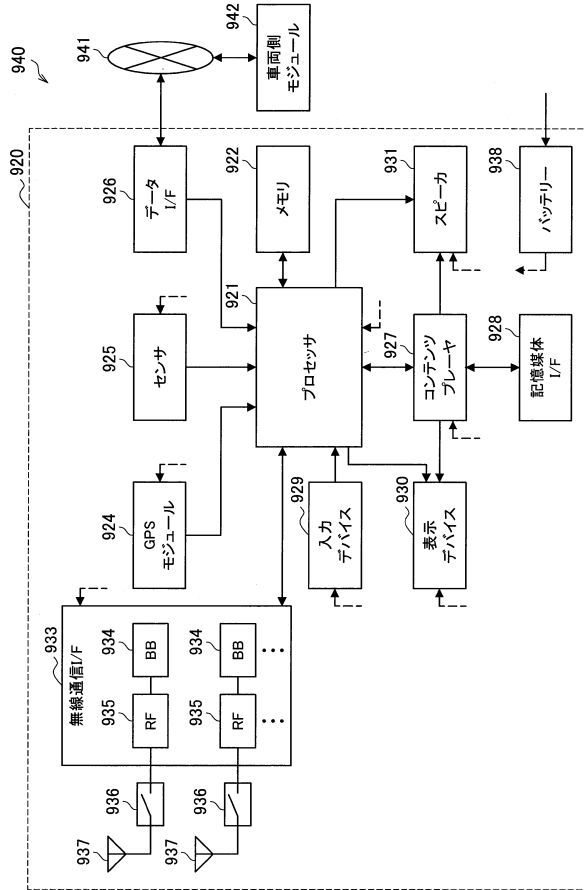
【図 2 3】



【図 2 4】



【 図 25 】



## フロントページの続き

(72)発明者 赤井 雄太

神奈川県横浜市港北区日吉3丁目14番1号 慶應義塾大学理工学部内

審査官 大野 友輝

(56)参考文献 米国特許出願公開第2010/0189132(US, A1)

MAXIMILIAN Matthe et al., Generalized Frequency Division Multiplexing in a Gabor Transform Setting, IEEE Communications Letters, 2014年 7月11日, Volume: 18, Issue: 8

FARHANG Arman et al., Low complexity GFDM receiver design: A new approach, Communications (ICC), 2015 IEEE International Conference on, 2015年 6月 8日

QUALCOMM INCORPORATED, Waveform Candidates [online], 3GPP TSG-RAN WG1#84b, Internet<URL: [http://www.3gpp.org/ftp/tsg\\_ran/WG1\\_RL1/TSGR1\\_84b/Docs/R1-162199.zip](http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_84b/Docs/R1-162199.zip)>, 2016年 4月11日, R1-162199

WEI Peng et al., Fast DGT-Based Receivers for GFDM in Broadband Channels, IEEE Transactions on Communications, 2016年 8月 8日, Volume: 64, Issue: 10

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 27/26

H04J 1/00