

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5225281号
(P5225281)

(45) 発行日 平成25年7月3日(2013.7.3)

(24) 登録日 平成25年3月22日(2013.3.22)

(51) Int. Cl. F I
 HO 4 J 11/00 (2006.01) HO 4 J 11/00 Z
 HO 4 J 1/00 (2006.01) HO 4 J 1/00

請求項の数 11 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2009-529361 (P2009-529361)	(73) 特許権者	500587067
(86) (22) 出願日	平成19年9月19日 (2007.9.19)		アギア システムズ インコーポレーテッド
(65) 公表番号	特表2010-504703 (P2010-504703A)		アメリカ合衆国, 18109 ペンシルヴァニア, アレンタウン, アメリカン パークウェイ エヌイー 1110
(43) 公表日	平成22年2月12日 (2010.2.12)	(74) 代理人	100094112
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/078879		弁理士 岡部 譲
(87) 国際公開番号	W02008/036730	(74) 代理人	100064447
(87) 国際公開日	平成20年3月27日 (2008.3.27)		弁理士 岡部 正夫
審査請求日	平成22年7月29日 (2010.7.29)	(74) 代理人	100085176
(31) 優先権主張番号	60/826, 158		弁理士 加藤 伸晃
(32) 優先日	平成18年9月19日 (2006.9.19)	(74) 代理人	100096943
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 臼井 伸一
(31) 優先権主張番号	60/875, 270		
(32) 優先日	平成18年12月15日 (2006.12.15)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高いピーク対平均電力比に起因するマルチ・キャリア変調信号の歪みを低減する方法の動的選択

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

送信機のマルチ・キャリア変調信号のピーク対平均電力比 (PAPR) を低減する方法であって、

(a) 前記送信機が、PAPR低減に利用可能な1つ又は複数のトーンを有するか有しないかをコントローラが判定するステップを含み、前記PAPR低減に利用可能な各トーンが (i) PAPR低減用に事前に予約されているか、(ii) それ自体にどのデータシンボルも割り当てられていない非予約トーンのいずれかであり、さらに、

(b) 前記ステップ (a) において、前記送信機がPAPR低減に利用可能な1つ又は複数のトーンを有すると前記コントローラが判定したときには、

(b1) PAPR低減に利用可能な少なくとも1つのトーンに少なくとも1つのPAPR低減シンボルを割り当てるステップと、

(b2) 前記少なくとも1つのPAPR低減シンボルを使用して前記マルチ・キャリア変調信号を生成するステップと、を含み、さらに、

(c) 前記ステップ (a) において、前記送信機がPAPR低減に利用可能な1つ又は複数のトーンを有しないと前記コントローラが判定したときには、PAPR低減シンボルを使用しないでマルチ・キャリア変調信号を生成するステップ、を含む方法。

【請求項 2】

前記マルチ・キャリア変調信号は直交周波数分割多重 (OFDM) 信号である、請求項

1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記ステップ (a) は、 P A P R 低減に利用可能な少なくとも 1 つのトーンが P A P R 低減用に事前に予約されているかどうかを判定する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記送信機が P A P R 低減用に事前に予約された少なくとも 1 つのトーンを有していると前記ステップ (a) が判定したときには、前記ステップ (b 1) は、 P A P R 低減用に事前に予約された少なくとも 1 つのトーンに少なくとも 1 つの P A P R 低減シンボルを割り当てるステップを含む、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記ステップ (a) は、 P A P R 低減に利用可能な少なくとも 1 つのトーンがそれ自体にどのデータシンボルも割り当てられていない非予約トーンであるかどうかを判定する、請求項 1 に記載の発明。

【請求項 6】

前記送信機がどのシンボルも割り当てられていない非予約トーンである少なくとも 1 つのトーンを有していると前記ステップ (a) が判定したときには、前記ステップ (b 1) は、前記少なくとも 1 つの非予約トーンに少なくとも 1 つの P A P R 低減シンボルを割り当てるステップを含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

P A P R 低減に利用可能な少なくとも 1 つのトーンがそれ自体にどのデータシンボルも割り当てられていない非予約トーンであると前記ステップ (a) が判定したときには、前記ステップ (b) は、前記少なくとも 1 つの非予約トーンが隣接送信機によって使用されているかどうかを判定するステップをさらに含み、

前記少なくとも 1 つの非予約トーンが隣接送信機によって使用されていると前記ステップ (b) が判定したときには、前記ステップ (b) は、前記マルチ・キャリア変調信号用の干渉低減方法を適用するステップをさらに含み、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記ステップ (a) は、前記送信機が P A P R 低減用に事前に予約された 1 つ又は複数の予約トーンを有するかどうかを判定するステップを含み、

前記送信機が 1 つ又は複数の予約トーンを有すると前記ステップ (a) が判定したときには、

前記ステップ (b 1) は、少なくとも 1 つの予約トーンに関する少なくとも 1 つの他の P A P R 低減シンボルを生成するステップをさらに含み、

前記ステップ (b 2) は、前記少なくとも 1 つの P A P R 低減シンボルと前記少なくとも 1 つの他の P A P R 低減シンボルとを使用して前記マルチ・キャリア変調信号を生成するステップを含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 9】

前記マルチ・キャリア変調が P A P R 低減用に使用可能な何らのトーンも有さないとき前記ステップ (a) が判定したときには、前記ステップ (c) は、(i) マルチ・キャリア変調信号にスクランブル・シーケンスを適用する、(i i) マルチ・キャリア変調信号に逐次クリッピング・フィルタリングを適用する、及び (i i i) マルチ・キャリア変調信号に増幅を適用することをやめる、のうちの少なくとも 1 つによって、マルチ・キャリア変調信号を生成するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

P A P R 低減シンボル・ジェネレータと逆高速フーリエ変換 (I F F T) プロセッサとを有するマルチ・キャリア変調器用のコントローラを含む装置であって、前記コントローラが、

(a) 前記マルチ・キャリア変調器が P A P R 低減に利用可能な 1 つ又は複数のトーンを有するか有しないかを判定し、

(b) 前記コントローラが、前記マルチ・キャリア変調器が P A P R 低減に利用可能な

10

20

30

40

50

1つ又は複数のトーンを有すると判定したときには、

(b1) 前記PAPR低減シンボル・ジェネレータが、PAPR低減に利用可能な少なくとも1つのトーンに関する少なくとも1つのPAPR低減シンボルを生成し、

(b2) 前記IFFTプロセッサが、前記少なくとも1つのPAPR低減シンボルを使用して前記マルチ・キャリア変調信号を生成し、

(c) 前記コントローラが、前記マルチ・キャリア変調機がPAPR低減に利用可能な1つ又は複数のトーンを有しないと判定したときには、PAPR低減シンボルを使用しないでマルチ・キャリア変調信号を生成する、ように適合される、装置。

【請求項11】

送信機のマルチ・キャリア変調信号のピーク対平均電力比(PAPR)を低減するコンピュータ実装方法であって、

(a) 前記送信機がPAPR低減に利用可能な1つ又は複数のトーンを有するかどうかを判定するステップと、

(b) 前記送信機がPAPR低減に利用可能な1つ又は複数のトーンを有すると前記ステップ(a)が判定したときには、

(b1) PAPR低減に利用可能な少なくとも1つのトーンに少なくとも1つのPAPR低減シンボルを割り当てるステップと、

(b2) 前記少なくとも1つのPAPR低減シンボルを使用して前記マルチ・キャリア変調信号を生成するステップと、を含み、

前記ステップ(a)は、

PAPR低減に利用可能な少なくとも1つのトーンがそれ自体にどのデータシンボルも割り当てられていない非予約トーンであるかどうかを判定するステップと、

前記送信機がPAPR低減用に事前に予約された少なくとも1つのトーンを有しているかどうかを判定するステップとを含み、

前記送信機がどのシンボルも割り当てられていない非予約トーンである少なくとも1つのトーンを有していると前記ステップ(a)が判定したときには、前記ステップ(b1)は、前記少なくとも1つの非予約トーンに少なくとも1つのPAPR低減シンボルを割り当てるステップを含み、

前記送信機が1つ又は複数の予約トーンを有すると前記ステップ(a)が判定したときには、

前記ステップ(b1)は、少なくとも1つの予約トーンに関する少なくとも1つの他のPAPR低減シンボルを生成するステップをさらに含み、

前記ステップ(b2)は、前記少なくとも1つのPAPR低減シンボルと前記少なくとも1つの他のPAPR低減シンボルとを使用して前記マルチ・キャリア変調信号を生成するステップを含む、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の相互参照) 本願は、参照によりそれらの教示内容が本明細書に組み込まれる、2006年12月15日に出願された米国仮出願第60/875,270号(整理番号: Woodward 8)、及び2006年9月19日に出願された米国仮出願第60/826,158号(整理番号: Baliga 1 1 4 5)の出願日の利益を主張する。

【0002】

本願の主題は、参照によりその教示内容が本明細書に組み込まれる、2007年9月19日に出願された国際出願番号PCT/US2007/078875(整理番号: Baliga 1 1 4 5)に関連する。

【0003】

本発明は、信号処理に関し、より詳細には、信号の送受信に使用される直交周波数分割多重(OFDM)等のマルチ・キャリア変調技法に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0004】

直交周波数分割多重 (OFDM) 等のマルチ・キャリア変調技法は、ローカル・エリア・ネットワーク、固定及びモバイル・メトロポリタン・エリア・ネットワーク、セルラー電話システムのような有線及び無線通信システムで使用されている。一般に、マルチ・キャリア変調シンボルは、周波数スペクトルをより小さい周波数サブキャリア (「トーン」としても知られる) に分割し、それらのサブキャリアを1つ又は複数のデータ信号部分で変調することによって生成される。1つ又は複数のデータ信号は、1つ又は複数のソース (例えば、ユーザ) から取得することができ、各マルチ・キャリア変調シンボルは、2つ以上のソースに由来するデータを送信することができる。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

図1は、従来技術のOFDM送信機100の一実装形態を示す簡略ブロック図である。送信機100は、アップストリーム処理からシリアル・ビットストリームのデジタル・データを受信するデータ・シンボル・マップ102を有する。シリアル・ビットストリームは複数のビット群に分割され、各グループは1つ又は複数のデータ・シンボルにマッピングされ、それによってシリアル・ストリームのデータ・シンボルが生成される。マッピングは、直交位相偏移変調 (QPSK) や直交振幅変調 (QAM) のような1つ又は複数の適切な技法を使用して実行され得る。

20

【0006】

シリアル/パラレル (S/P) ・コンバータ104は、データ・シンボル・マップ102から受信されるシリアル・ストリームのデータ・シンボルをD個のパラレル・ストリームのデータ・シンボルに変換する。サブキャリア・マップ106は、それらのD個のパラレル・データ・シンボル・ストリームを、互いに直交するように配列されるN個のサブキャリア周波数 (即ちトーン) に割り当てる。特に、各パラレル・データ・シンボル・ストリームはそれぞれ、N個のサブキャリアのうち1つに個別に対応するサブキャリア・マップ106の個々の出力に別々に割り当てられる。なお、論述を分かりやすくするために、本実装形態ではデータ・シンボル・ストリーム数Dがサブキャリア数Nと等しいものと仮定する。他の実装形態によれば、U個の未使用 (即ち空き) サブキャリアが存在し得る場合、N個のサブキャリアにD個のデータ・シンボル及びP個のパイロット・シンボルを割り当てることができる (よって、 $N = D + P + U$)。次に、サブキャリア・マップ106のN個の出力 (例えば、 $Z = Z_1, \dots, Z_N$) が逆高速フーリエ変換 (IFFT) プロセッサ108に供給される。IFFTプロセッサ108は、各出力がD個のデータ・シンボルのうちの1つに個別に対応する、サブキャリア・マップ106からのN個の出力の各セットを、N個の時間領域複素数 (例えば、 $z = z_1, \dots, z_N$) を含む1つのOFDMシンボルに変換する。

30

【0007】

次に、各OFDMシンボルの送信準備が行われる。まず、サイクリック・プレフィックス・インサータ (CPI) 110によって、各OFDMシンボルにC個の複素数を含むサイクリック・プレフィックスが挿入される。このプレフィックスを用いると、受信機がマルチ・パス反射に起因する信号エコーに対処することが可能となる。次に、N個の時間領域複素数の各セットと、対応するC個のサイクリック・プレフィックス複素数の各セットとが、パラレル/シリアル (P/S) ・コンバータ112によってパラレル形式からシリアル形式に変換される。P/Sコンバータ112の出力は、デジタル/アナログ変換、無線周波数変調、増幅、あるいはOFDMシンボルの送信準備に適した他の処理を使用してさらに処理することができる。

40

【0008】

IFFT処理中は、データ・シンボルを追加して対応するサブキャリアが変調され、変調されたサブキャリアは、多くの場合構成的に (constructively) 互いに

50

足し合わされ、その結果、いくつかの高い振幅ピーク及び低い振幅ピークを伴うOFDMシンボルが作成される。送信データは様々な性質を有する故に、各ピークの高さは、典型的にはOFDMシンボル毎に異なり、ばらつきが生じる。さらに、それらのピークのいくつかは、OFDMシンボルの平均的な振幅レベルと比較して相対的に大きくなる可能性があり、その結果、ピーク対平均電力比(PAPR)も相対的に大きくなる可能性がある。OFDMシンボルのPAPRは、次式(1)のように表すことができる。

【数1】

$$PAPR = \frac{\max_{n=1}^N (|z_n|^2)}{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |z_n|^2}$$

10

上式(1)で、 z_n は、OFDMシンボル z の n 番目のサンプルであり、分子の \max 関数は、 $n=1, \dots, N$ の場合の $|z_n|^2$ の最大値を判定する。

【0009】

比較的大きいPAPRを有するOFDMシンボルは、電力増幅中に歪みが生じる可能性がある。OFDMシンボルの相対的に大きい1つ又は複数のサンプルは、増幅器の出力をその最大出力レベルに駆動するように試みることができる。最大出力レベルに達する前に、増幅器の入力/出力関係が非線形的となる可能性があり、その結果、OFDMシンボルの非線形歪みをもたらされる可能性がある。増幅器は、それ自体の最大出力レベルに達したときにサンプルをクリッピングするため、出力信号の歪みの非線形性が高まることになる。非線形歪みは信号品質に影響を及ぼすため、受信機による送信データの復元が困難になる恐れがある。

20

【0010】

増幅器による非線形歪みの影響を低減するために、又は非線形歪みを完全に解消するために、いくつかの異なる方法が採用されている。かかる1つの方法では、送信機は、より高い電力レベルを出力することが可能なより大型の増幅器を利用する。より大型の増幅器は、典型的にはピーク信号イベント中にもそれ自体が線形動作領域内に留まることを保証するために、バックオフを大きくとって作動される(即ち、より低い平均電力で作動することができる)。しかしながら、より大型の増幅器をこのような形で使用することは、非効率的である。

30

【0011】

かかる別の方法では、送信機は、増幅を複数段階で実行して所望の出力レベルを達成する。この方法では、各段階は、増幅ステップと、フィルタリング・ステップとを含む。増幅ステップでは、各OFDMシンボルのより大きいサンプルが相対的に小さくクリッピングされる。フィルタリング・ステップでは、各OFDMシンボルが平滑化(smooth out)され、先行する増幅ステップで発生した歪みの量が低減される。この逐次的なクリッピング及びフィルタリング・プロセスは、所望の増幅レベルが達成されるまで繰り返される。このような形で信号を増幅することにより、他の等価な1段増幅器よりも歪みの量を低減することができる。

40

【0012】

かかる他の方法では、周波数領域(例えば、出力サブキャリア・マップ106)においてOFDM信号に多数の擬似ランダム・スクランブル・シーケンスが追加され、IFFT処理後にPAPRが最も低くなるスクランブル・シーケンスが選択される。選択されたスクランブル・シーケンスは受信機によって認識されないため、別のチャネル上で受信機に送信されることも、受信機によって「盲目的に(blindly)」検出されることもある。後者の場合では、受信機はすべての可能なシーケンスを検査し、最も可能性の高いシーケンスを選出する。

【0013】

トーン・リザベーション(tone reservation: TR)方法として知ら

50

れる他の方法は、OFDMシンボル毎のPAPRを低減するように試みる。かかる方法では、OFDMシンボルのPAPRを低減する明確な目的を有する非データ・シンボルを送信するための、いくつかの周波数サブキャリア（即ちトーン）が予約（reserve）される。

【0014】

図2は、TRアプローチを使用してPAPRを低減する従来技術の送信機200の一実施形態を示す簡略ブロック図である。送信機200は、データ・シンボル・マップ202と、S/Pコンバータ204とを有し、これらの要素は、送信機100の等価な要素と類似の演算を実行してD個の平行・データ・シンボルの各セットを生成する。サブキャリア・マップ206は、M個のサブキャリアにデータ・シンボルが割り当てられないように、それぞれD個のデータ・シンボル・セットをN個のサブキャリア・セットに割り当てる。M個のサブキャリアは、PAPR低減シンボル（PAPR reduction symbol）の送信用に事前に（a priori）予約される。いくつかの実施形態では、M個の予約サブキャリアと、U個の未使用（即ち空き）サブキャリアとが存在する場合、N個のサブキャリアの各セットにD個のデータ・シンボル及びP個のパイロット・シンボルを割り当てることができる（よって、 $N = D + M + U + P$ ）ことに留意されたい。サブキャリア・マップ206からのN個の出力（例えば、 $Z = Z_1, \dots, Z_N$ ）の各セットは、IFFTプロセッサ208に供給され、IFFTプロセッサ208は、IFFTプロセッサ108と類似の演算を実行して各セットをN個の時間領域複素数（例えば、 $z = z_1, \dots, z_N$ ）を含むOFDMシンボルzに変換する。

【0015】

PAPR低減シンボル・ジェネレータ210は、各OFDMシンボルzを受け取り、各シンボルのPAPRを、当該OFDMシンボルの許容可能なPAPR低減レベルを表す指定のPAPR閾値と比較する。OFDMシンボルzのPAPRがPAPR閾値未満である場合には、当該OFDMシンボルzは、OFDMシンボル z^{\wedge} として（即ち、 $z = z^{\wedge}$ ）PAPR低減シンボル・ジェネレータ210から出力される。OFDMシンボルのPAPRがPAPR閾値を超えている場合には、PAPR低減シンボル・ジェネレータ210は、（後で詳述する）いくつかのアプローチのうちの任意の1つを使用してM個のPAPR低減シンボル・セットを生成し、当該セットをサブキャリア・マップ206に供給する。他の実装形態では、PAPR低減シンボル・ジェネレータ210は常に、各OFDMシンボル毎にM個のPAPR低減シンボル・セットを生成することができることに留意されたい。かかる実装形態では、OFDMシンボルzのPAPRと指定のPAPR閾値との比較を省略することができる。

【0016】

サブキャリア・マップ206は、M個のPAPR低減シンボル・セットをM個のPAPR低減サブキャリア（PAPR reduction subcarrier）に割り当て、M個のPAPR低減シンボル及びD個のデータ・シンボルを含むN個の複素数（例えば、 $Z = Z_1, \dots, Z_N$ ）を出力する。次に、それらのN個の複素数がIFFTプロセッサ208によって変換され、それにより、OFDMシンボルzのPAPR低減バージョンが生成され、PAPR低減シンボル・ジェネレータ210に供給される。このプロセスは、PAPRが低減されたOFDMシンボルzのPAPRがPAPR閾値未満になるまで繰り返され、この条件が満たされると、PAPRが低減されたOFDMシンボルzは、OFDMシンボル z^{\wedge} として（即ち、 $z = z^{\wedge}$ ）PAPR低減シンボル・ジェネレータ210から出力される。次に、送信機100の等価な要素と類似の演算、及びOFDMシンボルの送信準備に適した他の任意の処理を実行するサイクリック・プレフィックス・インサータ212及びP/Sコンバータ214を使用して、各OFDMシンボル z^{\wedge} の送信準備が行われる。

【0017】

PAPR低減シンボルを予約トーン（reserved tone）に割り当てることにより、個々のデータ・シンボルに影響を及ぼすことなく時間領域OFDMシンボルのピ

10

20

30

40

50

ーク値を減少させることができる。OFDM送信機の設計者は、予約トーンに割り当てるべきPAPR低減シンボルを高い自由度をもって選択し、また、PAPRを十分に低減するシンボルを選択する様々な方法が利用されている。かかるPAPR低減シンボルを選択する1つのアプローチは、反復組合せ探索(iterative combinatorial search)を実行するものである。組合せアプローチの一例として、送信機は、16値直交振幅変調(16 QAM)を使用してデータを変調し、PAPR低減シンボル用に8つのトーンを予約するものとする。この送信機は、各OFDMシンボルの予約トーンに配置すべきPAPR低減シンボルの16⁸通りの組合せを検討し、最も低いPAPRが生成されるシンボルの組合せを選択する。

【課題を解決するための手段】

【0018】

一実施形態では、本発明は、(i)複数の非予約トーン(unreserved tone)と、(i i) PAPR低減用に事前に予約されるゼロ又は1つ又は複数の(zero, one, or more)予約トーンとを有する、送信機のマルチ・キャリア変調信号のピーク対平均電力比(PAPR)を低減するコンピュータ実装方法である。前記方法は、少なくとも1つの他の非予約トーンがそれ自体にどのようなデータ・シンボルも割り当てられていない空きトーンとなるように、1つ又は複数の非予約トーンに1つ又は複数のデータ・シンボルを割り当てるステップを含む。1つ又は複数のPAPR低減シンボルは、1つ又は複数の空きトーンに割り当てられ、前記トーン割り当てに基づいて、前記1つ又は複数のデータ・シンボル及び前記1つ又は複数の空きトーンPAPR低減シンボルにマルチ・キャリア変調が適用され、それによって前記マルチ・キャリア変調信号が生成される。

【0019】

別の実施形態では、本発明は、先の段落で説明したコンピュータ実装方法を実行する送信機である。前記送信機は、サブキャリア・マップと、逆高速フーリエ変換(IFFT)プロセッサとを備える。前記サブキャリア・マップは、(a)少なくとも1つの他の非予約トーンがそれ自体にどのようなデータ・シンボルも割り当てられていない空きトーンとなるように、1つ又は複数の非予約トーンに1つ又は複数のデータ・シンボルを割り当て、(b) 1つ又は複数の空きトーンに1つ又は複数のPAPR低減シンボルを割り当てるように適合される。前記IFFTプロセッサは、前記トーン割り当てに基づいて、前記1つ又は複数のデータ・シンボル及び前記1つ又は複数の空きトーンPAPR低減シンボルにマルチ・キャリア変調を適用して、前記マルチ・キャリア変調信号を生成するように適合される。

【0020】

また別の実施形態では、本発明は、送信機のマルチ・キャリア変調信号のピーク対平均電力比(PAPR)を低減するコンピュータ実装方法である。前記方法は、(a)前記送信機がPAPR低減に利用可能な1つ又は複数のトーンを有するかどうかを判定するステップを含む。前記送信機がPAPR低減に利用可能な1つ又は複数のトーンを有する場合は、PAPR低減に利用可能な少なくとも1つのトーンに少なくとも1つのPAPR低減シンボルが割り当てられ、前記少なくとも1つのPAPR低減シンボルを使用して前記マルチ・キャリア変調信号が生成される。

【0021】

他の実施形態では、本発明は、先の段落で説明したコンピュータ実装方法を実行する装置である。前記装置は、マルチ・キャリア変調器用のコントローラを備える。前記マルチ・キャリア変調器は、PAPR低減シンボル・ジェネレータと、IFFTプロセッサとを有する。前記コントローラは、前記マルチ・キャリア変調器がPAPR低減に利用可能な1つ又は複数のトーンを有するかどうかを判定するように適合される。前記コントローラによって前記マルチ・キャリア変調器がPAPR低減に利用可能な1つ又は複数のトーンを有することが判定された場合は、前記PAPR低減シンボル・ジェネレータは、PAPR低減に利用可能な少なくとも1つのトーンに関する少なくとも1つのPAPR低減シン

10

20

30

40

50

ボルを生成し、前記IFFTプロセッサは、前記少なくとも1つのPAPR低減シンボルを使用して前記マルチ・キャリア変調信号を生成する。

【0022】

以下の詳細な説明、添付の特許請求の範囲及び図面を読めば、本発明の他の態様、特徴、及び利点のより十分な理解が得られるであろう。各図面において同様の参照符号は同様の要素又は同一の要素を指す。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】従来技術のOFDM送信機の一実装形態を示す簡略ブロック図である。

【図2】トーン・リザベーション・アプローチを使用してピーク対平均電力比(PAPR)を低減する従来技術のOFDM送信機の一実装形態を示す簡略ブロック図である。

【図3】勾配降下アルゴリズムを使用してPAPRを低減する、本発明の一実施形態に係るOFDM送信機の簡略ブロック図である。

【図4】図3の送信機のコントローラを実装するのに使用され得る、本発明の一実施形態に係るコントローラの簡略フロー図である。

【図5】図3の送信機のコントローラを実装するのに使用され得る、本発明の別の実施形態に係るコントローラの簡略フロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

本明細書では、「一実施形態(one embodiment)又はan embodiment」という用語への言及は、その実施形態に関して説明される特定の機能、構造、又は特徴が、本発明の少なくとも1つの実施形態に含まれ得ることを意味する。「一実施形態では(in one embodiment)」という表現が本明細書の様々な箇所で見受けられるが、必ずしもこれらのすべての表現が同一の実施形態に言及しているわけではなく、また、別個の又は代替の実施形態が必ずしも互いに排他的であるわけではない。これと同じことが「実装形態(implementation)」という用語にも当てはまる。

【0025】

直交周波数分割多重(OFDM)の応用例等、マルチ・キャリア変調の応用例では、ピーク対平均電力比(PAPR)を低減するにあたって予約トーンを常に利用することができない可能性がある。例えば、セルラー電話ネットワークでは、予約トーンの使用が規格上義務付けられていないこともあり、それらのトーンを使用するかどうかの判断は、機器ベンダーの裁量に委ねられる可能性がある。その結果、マルチ・キャリア変調を利用するネットワーク内の基地局又はノードB局の中には、予約トーンを用いてマルチ・キャリア変調シンボルを送信するものもあれば、そうでないものもある。

【0026】

送信機が空き状態の(即ち、データ・シンボル又はパイロット・シンボルが割り当てられていない)いくつかの非予約トーンを有するマルチ・キャリア変調シンボルを送信する場合は、それらの空きトーンをPAPR低減用の予約トーンの場合と同様に使用することができる。空きトーンの利用可能性及び品質は、時間にわたって変化する可能性があり、送信機毎に異なる可能性があることに留意されたい。このような変化は、送信機に対応するユーザ数や各ユーザのアクティビティ等の要因に依存する可能性がある。したがって、PAPR低減シンボルを特定の送信機上の空きトーンに割り当てる前に、そのようなトーンの利用可能性及び品質が判定される。特定の送信機上で空きトーンと予約トーンの両方が利用可能でない場合は、当該送信機は、クリッピングの影響を低減し、又はクリッピングを完全に解消する他の技法を利用することができる。予約トーン、空きトーン、あるいは他の技法のいずれを使用するかは、コントローラを使用して行うことができる。

【0027】

図3は、本発明の一実施形態に係るOFDM送信機300の簡略ブロック図である。送信機300は、データ・シンボル・マップ302と、シリアル/パラレル・コンバータ3

10

20

30

40

50

04と、サブキャリア・マップ306と、IFFTプロセッサ308と、サイクリック・プレフィックス・インサータ312と、パラレル/シリアル(P/S)コンバータ314とを有し、これらの要素は、図2の送信機200の等価な要素と類似の演算を実行する。送信機200の場合と同様に、送信機300は、デジタル/アナログ変換、無線周波数変調、増幅等、OFDMシンボルの送信準備に適した他の処理を有することができる。送信機300は、OFDM信号の高いPAPRに起因するクリッピングを低減又は解消する方法を動的に選択するコントローラ316、及びコントローラ316によって選択された方法を使用してPAPR低減シンボルを生成するPAPR低減シンボル・ジェネレータ310も有する。

【0028】

図4は、図3の送信機300のコントローラ316を実装するのに使用され得る、本発明の一実施形態に係るコントローラ400の簡略フロー図である。起動時に、コントローラ400は、判断402を実行して送信機300が予約トーンを有するOFDMシンボル構造を送信するように適合されているかどうかを判定する。送信機300がそのように適合されている場合には、送信機300は、PAPR低減シンボルを生成し、当該PAPR低減シンボルを予約トーンで送信するよう指示される(処理404)。PAPR低減シンボルは、PAPR低減シンボルを生成する組合せアプローチ又は他の任意の適切な技法を使用して生成することができる。

【0029】

送信機300が予約トーンを有さない場合には、コントローラ400は、判断406を実行して送信機300上(即ち、当該セル内)に空きトーンが存在するかどうかを判定する。送信機300上に空きトーンが存在しない場合には、送信機300は、代替方法(即ち、PAPR低減シンボルを利用しない方法)を使用して増幅器によるクリッピングに起因する歪みを最小限に抑えあるいは防止することができる(処理408)。かかる代替方法としては、スクランブル・シーケンス法、逐次クリッピング・フィルタリング法、他の任意の適切な代替方法等の代替PAPR低減方法が挙げられる。典型的には、PAPR低減用の予約トーンを有さない送信機は、この時点で上記の代替方法のうちの1つを実行するように適合されているはずである。したがって、予約トーン又は空きトーンが利用可能でない場合、コントローラ400は、既存の方法をデフォルトで使用することができる。また、かかる方法の使用により、エラー・ベクトル振幅(error vector magnitude: EVM)が高まる可能性があり、したがって受信機による送信データの復号化が困難になる恐れがある。より高いEVMを補償するために、送信機300は、復号エラーの影響が少ない変調方法を利用することができる。例えば、送信機300は、データ・シンボル・マップ302において、直交振幅変調(QAM)を使用する代わりに直交位相偏移変調(QPSK)を使用してデータを変調することを選択することができる。

【0030】

送信機300上で空きトーンが利用可能である場合には、送信機300上の空きトーンが識別され(処理410)、すべての隣接送信機上の空きトーンが識別され(処理410)、コントローラ400は判断412を実行する。判断412は、すべての隣接送信機(即ち隣接セル)上で空いている空きトーンが送信機300上に存在するかどうかを判定する。これを実現するために、送信機300は、例えば隣接送信機自体又はネットワーク・コントローラから隣接送信機によって使用されるトーンに関する情報を受信する。諸代替実施形態によれば、コントローラ400は、ネットワーク・コントローラ自体によって実現することができ、したがって上記の情報を送信機に提供する必要がなくなる。判断412で送信機300とすべての隣接送信機の両方で空いているトーンが存在することが判定された場合には、処理414で、予約トーンの場合と同様にPAPR低減シンボルが生成され、当該PAPR低減シンボルが識別された空きトーンで送信される。PAPR低減シンボルは、処理404に関して説明したような任意の適切な技法を使用して生成することができる。別法として、処理414では、PAPR低減シンボルを生成し、当該PAPR

10

20

30

40

50

低減シンボルを送信機 300 及びすべての隣接送信機上で空いているトーンと共に、送信機 300 上では空いているが、すべての隣接送信機上では空いていない 1 つ又は複数のトーンでも送信することができる。すべての隣接送信機上では空いていないトーンについては、処理 414 で、後述する適切な干渉低減方法を利用することができる。

【0031】

判断 412 で送信機 300 とすべての隣接送信機の両方で空いているトーンが存在しないことが判定された場合には、送信機 300 は、予約トーンの場合と同様に PAPR 低減シンボルを生成し、当該 PAPR 低減シンボルを送信機 300 上で空いているトーンを使用して送信することができる（処理 416）。処理 404 の場合と同様に、PAPR 低減シンボルは、任意の適切な技法を使用して生成することができる。しかしながら、それらのトーンは、1 つ又は複数の隣接送信機によってデータの送信用に使用されるため、送信機 300 と 1 つ又は複数の各隣接送信機との間で干渉が発生する可能性があることに留意されたい。干渉を最小限に抑え又は防止するために、送信機 300 は、厳しい電力制限を空きトーンに適用することができ、また、送信機 300、及び場合によっては隣接送信機のうちの 1 つ又は複数は、周波数ホッピングあるいは他の任意の適切な干渉低減方法を利用することができる。

【0032】

図 5 は、図 3 の送信機 300 のコントローラ 316 を実装するのに使用され得る、本発明の代替実施形態に係るコントローラ 500 の簡略フロー図である。図示のとおり、コントローラ 500 は、図 4 のコントローラ 400 の等価なブロックと類似のブロック 502、504、506、508、510、512、514、及び 516 を有する。ただし、ブロック 502 で送信機 300 上に予約トーンが存在することが判定された場合にも、コントローラ 500 は、必ずしもコントローラ 400 で実行される処理 404 の場合のように PAPR 低減シンボルを生成し、当該 PAPR 低減シンボルを予約トーンで送信するとは限らない。その代わりに、コントローラ 500 は、判断 518 を実行して送信機 300 上に空きトーンが存在するかどうかを判定する。送信機 300 上に空きトーンが存在しない場合には、送信機 300 は、処理 404 と類似の処理 504 を実行する。

【0033】

判断 518 で送信機 300 上に空きトーンが存在することが判定された場合には、それらのトーンが識別され（処理 520）、すべての隣接送信機上の空きトーンが識別され（処理 520）、コントローラ 500 は判断 522 を実行する。判断 522 では、コントローラ 400 の判断 412 の場合と同様に、送信機 300 とすべての隣接送信機の両方で空いているトーンが存在するかどうか判定される。送信機 300 とすべての隣接送信機の両方で空いているトーンが存在しない場合には、判断 524 で、任意の適切な PAPR 低減技法を使用して PAPR 低減信号を生成し、当該 PAPR 低減信号を予約トーンで送信することも、送信機 300 上の空きトーンを使用せずに送信することも、送信機 300 上の空きトーンのうちの 1 つ又は複数を使用して送信することもできる。また、送信機 300 上の空きトーンのうちの 1 つ又は複数が使用される場合は、コントローラ 400 の処理 416 に関して上述したように、干渉低減方法を実行して他の送信機との間の干渉を防止することができる。

【0034】

判断 522 で送信機 300 とすべての隣接送信機の両方で空いているトーンが存在することが判定された場合には、コントローラ 500 は、処理 526 を実行する。処理 526 では、任意の適切な PAPR 低減技法を使用して PAPR 低減シンボルが生成され、当該 PAPR 低減シンボルは、識別された空きトーンのうちの 1 つ又は複数及び予約トーンで送信される。別法として、処理 526 では、PAPR 低減シンボルを生成し、当該 PAPR 低減シンボルを送信機 300 及びすべての隣接送信機上で空いているトーンのうちの 1 つ又は複数で送信することも、送信機 300 上では空いているが、すべての隣接送信機上では空いていないトーンのうちの 1 つ又は複数で送信することも、予約トーンで送信することもできる。この場合、処理 526 では、上述の適切な干渉低減方法を利用して隣接送

10

20

30

40

50

信機との間の干渉を低減することができる。

【0035】

本発明の様々な実施形態によれば、マルチ・キャリア変調信号の歪みを低減する方法を動的に選択するコントローラの処理数及び判断数を、コントローラ400及び500のすべての処理数及び判断数よりも少なくすることができる。例えば、かかる一実施形態によれば、本発明に係るコントローラは、判断402、処理404、及び処理408だけを含むことができる。この例では、送信機300上で予約トーンが定義される場合には（判断402）、送信機300は、それらの予約トーンを使用して任意の適切なトーン予約ベースPAPR低減技法を実行する（処理404）。送信機300上で予約トーンが定義されない場合には、上述したように、送信機300は、代替方法を使用して歪みを最小限に抑え又は防止する（処理408）。 10

【0036】

他の実施形態によれば、本発明の範囲から逸脱しない範囲で上記の判断及び処理の順序を入れ替えることができる。

【0037】

また他の実施形態によれば、予約トーン及び空きトーンの使用と併せてより高次の変調も使用することにより、スループットを向上させることができる。例えば、予約トーン又は空きトーンあるいはその両方が利用可能である場合には、図3の送信機300のデータ・シンボル・マップ302は、QAMを使用してデータを変調することができる。一方、予約トーン又は空きトーンのいずれかあるいはその両方が利用可能でない場合には、データ・シンボル・マップ302は、QPSKを使用してデータを変調することができる。より高次の変調の使用は、予約トーン及び空きトーンを使用した結果低減される歪みの量に依存する可能性がある。歪みが十分に低減される場合は、より高次の変調を使用することにより、予約トーン又は空きトーンあるいはその両方を使用しない場合よりも信頼性が高まる可能性がある。 20

【0038】

本発明は、OFDMの応用例と共に使用する形で説明されているが、そのように限定されるものではない。本発明は、デジタル加入者線(DSL)の応用例、符号化OFDMの応用例、他の任意の適当なマルチ・キャリア変調の応用例等、他のマルチ・キャリア変調の応用例にも拡張することができる。 30

【0039】

本発明は、セルラー・ネットワーク内の様々なタイプの送信機（例えば基地局、ノードB局、又はモバイル・デバイス）に関するコントローラに実装することも、ネットワーク内の1つ又は複数の送信機を制御するネットワーク・コントローラ等、ネットワーク内の他の場所で実装することもできる。モバイル・デバイスの場合では、基地局が空きトーンの利用可能性に関する情報をモバイル・デバイスに提供することができる。本発明は、セルラー・ネットワークの文脈で説明されているが、そのように限定されるものではない。本発明は、無線ローカル・エリア・ネットワーク(WLAN)、無線メトロポリタン・ネットワーク(MWAN)、又は他の任意の適当な無線ネットワークを含めた他の無線ネットワークで使用することができる。 40

【0040】

また、本発明は、無線ネットワークと共に使用する形で説明されているが、そのように限定されるものではない。本発明は、デジタル加入者線(DSL)ネットワーク等の有線ネットワーク、あるいはOFDMを利用する他の任意の有線ネットワークで使用することもできる。

【0041】

本明細書及び添付の特許請求の範囲で使用される「隣接」という用語は、例えばある範囲（例えば距離）内に所在するすべての送信機又はセルを指す。この範囲は、現在の送信機に干渉し得る近隣の送信機に基づいて選択することができる。したがって、「隣接」という用語は、すぐ隣のセル又は送信機に限定されない。 50

【 0 0 4 2 】

本発明は、PAPR低減シンボル・ジェネレータ310とコントローラ316の両方を用いて当初設計される送信機に実装することができる。別法として、本発明は、PAPR低減シンボル・ジェネレータを有することも有さないこともある既存の送信機を改造するのに使用することもできる。PAPR低減シンボル・ジェネレータを有する既存の送信機については、コントローラ316を追加することによって改造することができる。PAPR低減シンボル・ジェネレータを有さない既存の送信機については、コントローラ316とPAPR低減シンボル・ジェネレータ310の両方を追加することによって改造することができる。

【 0 0 4 3 】

上記では、PAPR低減シンボルの生成に適した方法を実行するためのいくつかの処理（例えば、404、414、416）について述べた。しかしながら、本発明に係るコントローラは、必ずしもこれと同じ方法を常に行うように限定されるものではないことに留意されたい。そうではなく、コントローラは、現時点で利用可能な予約トーン数及び空きトーン数等の要因に基づいて、PAPR低減シンボルの生成に適した方法を選択することができる。例えば、予約トーンが利用可能でなく、且つ比較的小さい数の空きトーンしか利用可能でない場合には、許容可能なPAPR低減レベルを達成するPAPR低減シンボルの異なる組合せの数は、比較的小さくなる。したがって、利用可能な最良の解決策を発見することが可能なアルゴリズムを使用して、比較的低い計算負荷でPAPR低減シンボルを生成することができる。一方、比較的大きい数の予約トーン及び/又は空きトーンが利用可能である場合には、許容可能なPAPR低減レベルを達成するPAPR低減シンボルの異なる組合せの数は、大きくなる可能性が高い。この場合では、計算負荷を許容可能なレベルに保つために、利用可能な最良の解決策を必ずしも発見するとは限らないアルゴリズムを使用して、PAPR低減シンボルを生成することができる。

【 0 0 4 4 】

また、本発明のいくつかの実施形態によれば、2007年9月19日に出願された国際出願番号PCT/US2007/078875（整理番号：B a l i g a 1 1 4 5）で教示される勾配降下アプローチを使用して、空きトーン又は予約トーンあるいはその両方に関するPAPR低減シンボルを生成することができる。

【 0 0 4 5 】

添付の特許請求の範囲で使用される「予約トーン」という用語は、PAPR低減用に事前に予約されるトーンを指す。パイロット・トーンを含めた他のすべてのトーンは、予約されない。

【 0 0 4 6 】

本発明は、単一集積回路（ASICやFPGA等）、マルチ・チップ・モジュール、単一カード、又はマルチ・カード回路パックとして可能な実装を含む回路ベース・プロセスとして実装することができる。当業者には明らかなように、回路要素の様々な機能をソフトウェア・プログラムの処理ブロックとして実装することもできる。そのようなソフトウェアは、例えばデジタル信号プロセッサ、マイクロコントローラ、又は汎用コンピュータで利用することができる。

【 0 0 4 7 】

本発明は方法の形で実施することも、それらの方法を実行する装置の形で実施することもできる。本発明は、磁気記録媒体、光記録媒体、固体メモリ、フロッピー（登録商標）・ディスク、CD-ROM、ハード・ドライブ、他の任意のマシン読み取り可能な記憶媒体等、有形の媒体に実装され、コンピュータ等のマシンにロードされ当該マシンによって実行されたときに当該マシンが本発明を実施する装置となる、プログラム・コードの形で実施することもできる。本発明は、例えば記憶媒体に記憶されるものであれ、マシンにロードされ且つ/又は当該マシンによって実行されるものであれ、あるいは電気配線や電気ケーブル、光ファイバ、又は電磁放射等、何らかの伝送媒体を介して伝送されるものであれ、コンピュータ等のマシンにロードされ当該マシンによって実行されたときに当該

10

20

30

40

50

マシンが本発明を実施する装置となる、プログラム・コードの形で実施することもできる。このプログラム・コードの各セグメントは、汎用プロセッサ上に実装されたときに、当該プロセッサと連動して特定の論理回路と類似の動作をする一意のデバイスを提供する。本発明は、媒体を介して電氣的又は光学的に伝送され、磁界変化を介して磁気記録媒体等に記憶され、本発明の方法及び/又は装置を使用して生成されるビットストリーム又は他の信号値シーケンスの形で実施することもできる。

【0048】

添付の特許請求の範囲で使用される図面番号及び/又は図面の参照符号は、各請求項の解釈を容易にするために、各請求項の主題に関する1つ又は複数の可能な実施形態を特定することを意図したものである。このような使用によって各請求項の範囲が必然的に対応する図面に示した実施形態に限定されるものと解釈すべきではない。

10

【0049】

本明細書に記載される例示的な方法の各ステップは、必ずしも記載の順序で実行する必要はなく、そのような方法の各ステップの順序は、単なる例示として理解すべきことを理解されたい。同様に、本発明の様々な実施形態と矛盾しない方法では、追加的なステップを含めることができ、また、いくつかのステップを省略することも組み合わせることもできる。

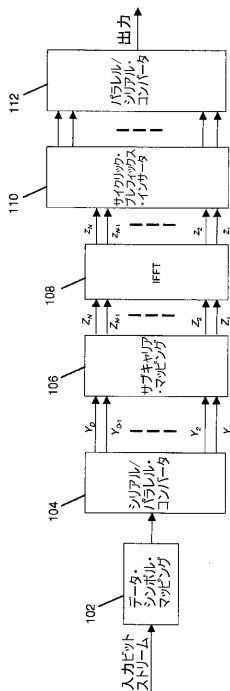
【0050】

添付の特許請求の範囲における方法クレームの各要素は、それらが存在する場合は対応する標識が付された特定の順序で列挙されているが、クレーム説明においてそれらの要素の一部又は全部を実施する特定の順序について別段の言及がない限り、それらの要素は、必ずしもその特定の順序で実施されるように限定されるものではない。

20

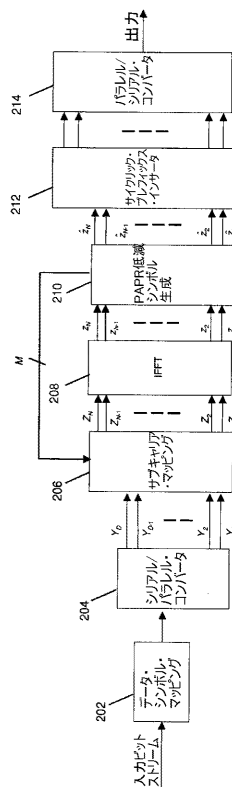
【図1】

100

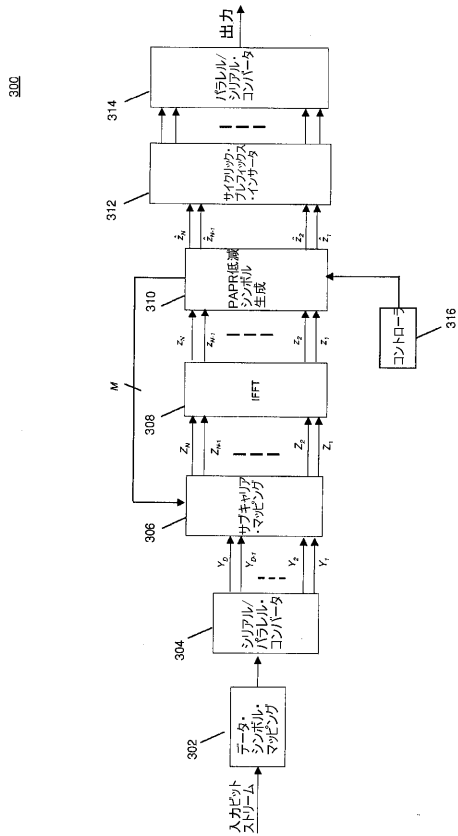


【図2】

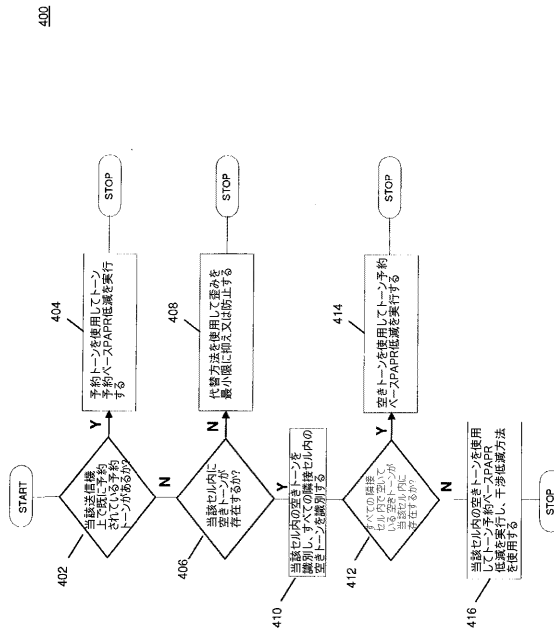
200



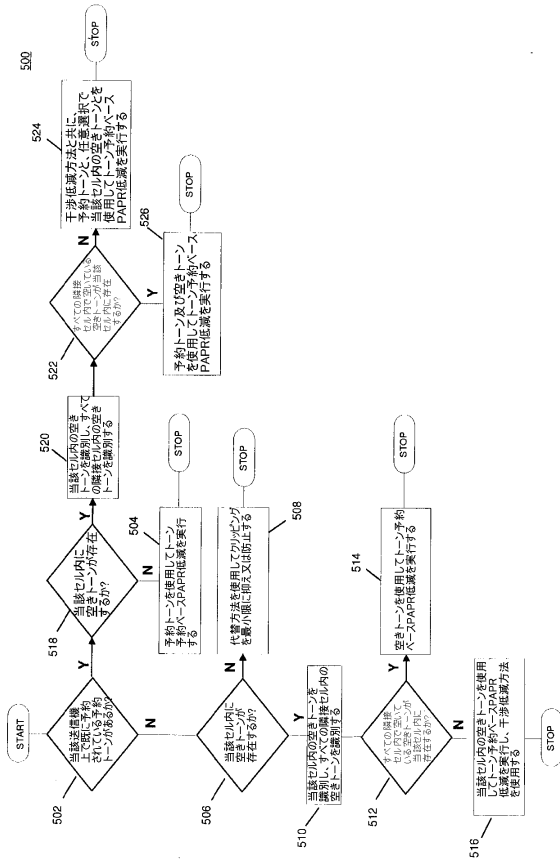
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(74)代理人 100101498

弁理士 越智 隆夫

(74)代理人 100104352

弁理士 朝日 伸光

(74)代理人 100128657

弁理士 三山 勝巳

(72)発明者 ウッドワード, グレーム, ケネス

オーストラリア国 2 1 2 2 ニューサウスウェールズ, イッピング, フランシス ストリート
3 6

審査官 大野 友輝

(56)参考文献 国際公開第 2 0 0 5 / 0 2 5 1 0 2 (W O , A 1)

国際公開第 2 0 0 6 / 0 9 2 8 5 2 (W O , A 1)

Thanatat Wattanasuwakul, Watit Benjapolakul, PAPR Reduction for OFDM Transmission by
using a method of Tone Reservation and Tone Injection, Information, Communications and
Signal Processing, 2005 Fifth International Conference on, 2 0 0 5 年

SIDKIETA ZABRE et al., 2006 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SIGNAL PROSESSING AND INFO
RMATION TECHNOLOGY, IEEE, 2 0 0 6 年 8 月, P834-839

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)

H 0 4 J 1 1 / 0 0

H 0 4 J 1 / 0 0

I E E E X p l o r e

C i N i i