

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5784820号
(P5784820)

(45) 発行日 平成27年9月24日(2015.9.24)

(24) 登録日 平成27年7月31日(2015.7.31)

(51) Int.Cl.

H04L 27/32 (2006.01)
H04L 27/34 (2006.01)

F 1

H04L 27/00
H04L 27/00D
E

請求項の数 53 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2014-505391 (P2014-505391)
 (86) (22) 出願日 平成24年4月16日 (2012.4.16)
 (65) 公表番号 特表2014-512147 (P2014-512147A)
 (43) 公表日 平成26年5月19日 (2014.5.19)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2012/033747
 (87) 國際公開番号 WO2012/142561
 (87) 國際公開日 平成24年10月18日 (2012.10.18)
 審査請求日 平成26年12月5日 (2014.12.5)
 (31) 優先権主張番号 61/475,802
 (32) 優先日 平成23年4月15日 (2011.4.15)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 314003971
 アストラビ コーポレーション
 アメリカ合衆国 ワシントン ディ.シー.
 . 20044, ピー.オー. ボック
 ス 57
 (74) 代理人 110001139
 S K特許業務法人
 (74) 代理人 100130328
 弁理士 奥野 駿彦
 (74) 代理人 100130672
 弁理士 伊藤 寛之
 (72) 発明者 プロセロ, ジェロルド
 アメリカ合衆国 ワシントンディーシー
 20044, ワシントン, ピー.オー.
 . ボックス 57

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】通信方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

通信シンボルのセットから選択される1又は複数の入力通信シンボルを得るステップと、
 非周期関数のセットから選択される1又は複数の非周期関数を使用して1又は複数の伝送可能な波形に前記1又は複数の入力通信シンボルを変換するステップと、
 通信チャネルを通じて前記1又は複数の伝送可能な波形を伝送するステップと、を有し、
 前記非周期関数のセットから選択される非周期関数の少なくとも1つは、以下の方程式の形をとり、
 【数37】

$$f_m(t) = [\kappa_0 e^{i\omega_0}] e^{[\kappa_1 e^{i\omega_1}](t+t_0)] i^{[\kappa_2 e^{i\omega_2}](2^m - m)}}$$

κ_0 は第一レベル振幅係数であり、 ω_0 は第一レベル周波数定数であり、 i はマイナス1の虚定数平方根であり、 κ_1 は第二レベル振幅係数であり、 ω_1 は第二レベル周波数定数であり、 t は時間パラメーターであり、 t_0 は初期時間であり、 κ_2 は第三レベル振幅係数であり、 ω_2 は第三レベル周波数定数であり、 m は波形条件である、通信方法。

【請求項 2】

 κ_0 は、振幅を変調し、

10

20

₀ は、位相を変調し、
₁ は、周波数を変調し、
 少なくとも ₁ 及び ₁ の内の1つは、時間方向を変化させ、
_t ₀ は、時間シフトを変化させ、
 少なくとも ₂ 及び ₂ の内の1つは、回転方向を変化させ、
 少なくとも m、₂、₁ 及び ₂ の内の1つは、成長を変化させる、請求項 1 に記載の通信方法。

【請求項 3】

前記非周期関数のセットにおける各非周期関数は、振幅、位相、周波数、時間方向、時間シフト、回転方向及び成長のうちの少なくとも1つによって、前記非周期関数のセットにおける他の非周期関数とは異なる、請求項 1 に記載の通信方法。 10

【請求項 4】

前記1又は複数の入力通信シンボル及び前記非周期関数のセットのうちの少なくとも1つは、変調器、コンピューター可読性媒体、コンピューター、衛星通信装置及びモバイル機器のうちの少なくとも1つから得られる、請求項 1 に記載の通信方法。

【請求項 5】

前記1又は複数の伝送可能な波形のうちの少なくとも1つの1又は複数の部分は、前記1又は複数の入力通信シンボルの少なくとも1つに対応する、請求項1に記載の通信方法。

【請求項 6】

前記1又は複数の伝送可能な波形は、二成分伝送を使用して、前記通信チャネルを通じて発生及び伝送されるものの少なくとも1つである、請求項1に記載の通信方法。 20

【請求項 7】

前記1又は複数の伝送可能な波形は、更に内部シンボル時分割多重化を使用して、前記通信チャネルを通じて発生及び伝送されるものの少なくとも1つである、請求項6に記載の通信方法。

【請求項 8】

前記1又は複数の伝送可能な波形の少なくとも1つは、ヘッド部分及びテール部分を含み、その結果、前記テール部分が前記通信チャネルを初期条件に戻す、請求項1に記載の通信方法。

【請求項 9】

前記1又は複数の入力通信シンボルは、変調器を使用して、前記1又は複数の伝送可能な波形に変換される、請求項1に記載の通信方法。 30

【請求項 10】

前記変調器は、エンコーダー及びパルス-整形フィルターのうちの少なくとも1つを備える、請求項9に記載の通信方法。

【請求項 11】

前記エンコーダーは、前記通信シンボルのセットを前記非周期関数のセットにマッピングしている参照表を使用して得られる、請求項10に記載の通信方法。

【請求項 12】

前記1又は複数の伝送可能な波形は、送信機及び送受信機のうちの少なくとも1つを使用して、前記通信チャネルを通じて発生及び伝送されるものの少なくとも1つである、請求項1に記載の通信方法。 40

【請求項 13】

前記1又は複数の伝送可能な波形は、コンピューター、衛星通信装置及びモバイル機器の少なくとも1つを使用して、前記通信チャネルを通じて発生及び伝送されるものの少なくとも1つである、請求項1に記載の通信方法。

【請求項 14】

前記1又は複数の伝送可能な波形を受信するステップと、

前記1又は複数の伝送可能な波形を復調するステップと、を更に有する、請求項1に記載の通信方法。 50

【請求項 15】

1又は複数の出力通信シンボルをユーザ、コンピューター可読性媒体、コンピューター、衛星通信装置及びモバイル機器の少なくとも1つに伝えるステップを、更に有する、請求項14に記載の通信方法。

【請求項 16】

前記1又は複数の伝送可能な波形は、受信機及び第二送受信機のうちの少なくとも1つを使用して受信される、請求項14に記載の通信方法。

【請求項 17】

前記1又は複数の伝送可能な波形は、コンピューター、衛星通信装置及びモバイル機器の少なくとも1つを使用して受信される、請求項14に記載の通信方法。 10

【請求項 18】

前記1又は複数の伝送可能な波形は、復調器を使用して復調される、請求項14に記載の通信方法。

【請求項 19】

前記復調器は、デコーダーを備える、請求項18に記載の通信方法。

【請求項 20】

通信チャネルを通じて伝送される1又は複数の伝送可能な波形を受信するステップと、前記1又は複数の伝送可能な波形を復調するステップと、を有し、

前記1又は複数の伝送可能な波形は、非周期関数のセットから選択される1又は複数の非周期関数を使用して構築され、 20

前記非周期関数のセットから選択される非周期関数の少なくとも1つは、以下の方程式の形をとり、

【数 3 8】

$$f_m(t) = [\kappa_0 e^{i\omega_0}] e^{[\kappa_1 e^{i\omega_1}](t+t_0)] i^{[\kappa_2 e^{i\omega_2}] (2^{2-m})}}.$$

κ_0 は第一レベル振幅係数であり、 ω_0 は第一レベル周波数定数であり、iはマイナス1の虚定数平方根であり、 κ_1 は第二レベル振幅係数であり、 ω_1 は第二レベル周波数定数であり、tは時間パラメーターであり、 t_0 は、初期時間であり、 κ_2 は第三レベル振幅係数であり、 ω_2 は第三レベル周波数定数であり、mは波形条件である、通信方法。

【請求項 21】

1又は複数の出力通信シンボルをユーザ、コンピューター可読性媒体、コンピューター、衛星通信装置及びモバイル機器の少なくとも1つに伝えるステップを、更に有する、請求項20に記載の通信方法。

【請求項 22】

κ_0 は、振幅を変調し、

κ_0 は、位相を変調し、

κ_1 は、周波数を変調し、

κ_1 及び ω_1 の少なくとも1つは、時間方向を変化させ、

t_0 は、時間シフトを変化させ、 40

κ_2 及び ω_2 の少なくとも1つは、回転方向を変化させ、

m、 κ_2 、 ω_2 及び κ_2 の少なくとも1つは、成長を変化させる、請求項20に記載の通信方法。

【請求項 23】

前記非周期関数のセットにおける各非周期関数は、振幅、位相、周波数、時間方向、時間シフト、回転方向及び成長の少なくとも1つによって、前記非周期関数のセットにおける他の非周期関数とは異なる、請求項20に記載の通信方法。

【請求項 24】

前記1又は複数の伝送可能な波形のうちの少なくとも1つの1又は複数の部分は、前記1又は複数の入力通信シンボルのうちの少なくとも1つに対応する、請求項20に記載の通信方 50

法。

【請求項 2 5】

前記1又は複数の伝送可能な波形は、二成分伝送を使用して、前記通信チャネルを通じて発生及び伝送されるものの少なくとも1つである、請求項20に記載の通信方法。

【請求項 2 6】

前記1又は複数の伝送可能な波形は、更に内部シンボル時分割多重化を使用して、前記通信チャネルを通じて発生及び伝送されるものの少なくとも1つである、請求項25に記載の通信方法。

【請求項 2 7】

前記1又は複数の伝送可能な波形の少なくとも1つは、ヘッド部分及びテール部分を含み、その結果、前記テール部分が前記通信チャネルを初期条件に戻す、請求項20に記載の通信方法。 10

【請求項 2 8】

前記1又は複数の伝送可能な波形は、受信機及び送受信機のうちの少なくとも1つを使用して受信される、請求項20に記載の通信方法。

【請求項 2 9】

前記1又は複数の伝送可能な波形は、コンピューター、衛星通信装置及びモバイル機器の少なくとも1つを使用して受信される、請求項20に記載の通信方法。

【請求項 3 0】

前記1又は複数の伝送可能な波形は、復調器を使用して復調される、請求項20に記載の通信方法。 20

【請求項 3 1】

前記復調器は、デコーダーを備える、請求項30に記載の通信方法。

【請求項 3 2】

通信シンボルのセットから選択される1又は複数の入力通信シンボルを得て、非周期関数のセットから選択される1又は複数の非周期関数を使用して1又は複数の伝送可能な波形に前記1又は複数の入力通信シンボルを変換するのに適した変調器と、

通信チャネルを通じて前記1又は複数の伝送可能な波形を伝送するのに適した送信機及び第一送受信機のうちの少なくとも1つと、を備え、

前記非周期関数のセットから選択される非周期関数の少なくとも1つは、以下の方程式の形をとり、 30

【数 3 9】

$$f_m(t) = [\kappa_0 e^{i\omega_0}] e^{[\kappa_1 e^{i\omega_1}](t+t_0)} t^{[\kappa_2 e^{i\omega_2}] (2^{2-m})}$$

κ_0 は第一レベル振幅係数であり、 ω_0 は第一レベル周波数定数であり、 i はマイナス1の虚定数平方根であり、 κ_1 は第二レベル振幅係数であり、 ω_1 は第二レベル周波数定数であり、 t は時間パラメーターであり、 t_0 は、初期時間であり、 κ_2 は第三レベル振幅係数であり、 ω_2 は第三レベル周波数定数であり、 m は波形条件である、通信システム。

【請求項 3 3】

κ_0 は、振幅を変調し、 40

ω_0 は、位相を変調し、

κ_1 は、周波数を変調し、

ω_1 及び ω_2 のうちの少なくとも1つは、時間方向を変化させ、

t_0 は、時間シフトを変化させ、

κ_2 及び ω_2 の少なくとも1つは、回転方向を変化させ、

m 、 ω_2 、 κ_1 及び ω_2 の少なくとも1つは、成長を変化させる、請求項32に記載の通信システム。

【請求項 3 4】

前記非周期関数のセットにおける各非周期関数は、振幅、位相、周波数、時間方向、時 50

間シフト、回転方向及び成長の少なくとも1つによって、前記非周期関数のセットにおける他の非周期関数とは異なる、請求項32に記載の通信システム。

【請求項 3 5】

前記1又は複数の入力通信シンボル及び前記非周期関数のセットのうちの少なくとも1つは、変調器、コンピューター可読性媒体、コンピューター、衛星通信装置及びモバイル機器のうちの少なくとも1つから得られる、請求項32に記載の通信システム。

【請求項 3 6】

前記1又は複数の伝送可能な波形のうちの少なくとも1つの1又は複数の部分は、前記1又は複数の入力通信シンボルの少なくとも1つに対応する、請求項32に記載の通信システム。
10

【請求項 3 7】

前記1又は複数の伝送可能な波形は、二成分伝送を使用して、前記通信チャネルを通じて発生及び伝送されるものの少なくとも1つである、請求項32に記載の通信システム。

【請求項 3 8】

前記1又は複数の伝送可能な波形は、更に内部シンボル時分割多重化を使用して、前記通信チャネルを通じて発生及び伝送されるものの少なくとも1つである、請求項37に記載の通信システム。

【請求項 3 9】

前記1又は複数の伝送可能な波形の少なくとも1つは、ヘッド部分及びテール部分を含み、その結果、前記テール部分が前記通信チャネルを初期条件に戻す、請求項32に記載の通信システム。
20

【請求項 4 0】

前記変調器は、エンコーダーとパルス-整形フィルターを備える、請求項32に記載の通信システム。

【請求項 4 1】

前記エンコーダーは、前記通信シンボルのセットを前記非周期関数のセットにマッピングしている参照表を使用して得られる、請求項40に記載の通信システム。

【請求項 4 2】

前記1又は複数の伝送可能な波形を受信するのに適している受信機及び第二送受信機の少なくとも1つと、
30

前記1又は複数の伝送可能な波形を復調するのに適している復調器と、を更に備える、請求項32に記載の通信システム。

【請求項 4 3】

コンピューター可読性媒体、コンピューター、衛星通信装置及びモバイル機器の少なくとも1つを、更に備え、

コンピューター可読性媒体、コンピューター、衛星通信装置及び携帯装置のうちの少なくとも1つは、
40

前記1又は複数の入力通信シンボルを供給することと、

前記1つ又は複数の入力通信シンボルを得ることと、

前記1又は複数の入力通信シンボルを前記1又は複数の伝送可能な波形に変換することと、

前記通信チャネルを通じて前記1又は複数の伝送可能な波形を伝送することと、

前記1又は複数の伝送可能な波形を受信することと、

前記1又は複数の伝送可能な波形を復調することと、

1又は複数の出力通信シンボルをユーザ、第二のコンピューター可読性媒体、第二のコンピューター、第二の衛星通信装置及び第二のモバイル機器のうちの少なくとも1つに伝えること、の内の少なくとも1つに適している、請求項32に記載の通信システム。

【請求項 4 4】

前記復調器は、デコーダーを備える、請求項42に記載の通信システム。

【請求項 4 5】

通信チャネルを通じて伝送される 1 又は複数の伝送可能な波形を受信するのに適している受信機及び送受信機の少なくとも1つと、

前記1又は複数の伝送可能な波形を復調するのに適している復調器と、を備え、

前記1又は複数の伝送可能な波形は、非周期関数から選択される 1 又は複数の非周期関数を使用して構築され、

前記非周期関数のセットから選択される非周期関数の少なくとも 1 つは、以下の方程式の形をとり、

【数 4 0】

$$f_m(t) = [\kappa_0 e^{i\omega_0}] e^{[\kappa_1 e^{i\omega_1}](t+t_0)} i^{[\kappa_2 e^{i\omega_2}] (2^2 - m)}.$$

10

κ_0 は第一レベル振幅係数であり、 ω_0 は第一レベル周波数定数であり、 i はマイナス1の虚定数平方根であり、 κ_1 は第二レベル振幅係数であり、 ω_1 は第二レベル周波数定数であり、 t は時間パラメーターであり、 t_0 は、初期時間であり、 κ_2 は第三レベル振幅係数であり、 ω_2 は第三レベル周波数定数であり、 m は波形条件である、通信システム。

【請求項 4 6】

κ_0 は、振幅を変調し、

ω_0 は、位相を変調し、

κ_1 は、周波数を変調し、

t 及び t_0 のうちの少なくとも 1 つは、時間方向を変化させ、

t_0 は、時間シフトを変化させ、

κ_2 及び ω_2 の少なくとも 1 つは、回転方向を変化させ、

m 、 κ_2 、 ω_2 及び κ_1 の少なくとも 1 つは、成長を変化させる、請求項45に記載の通信システム。

【請求項 4 7】

前記非周期関数のセットにおける各非周期関数は、振幅、位相、周波数、時間方向、時間シフト、回転方向及び成長の少なくとも 1 つによって、前記非周期関数のセットにおける他の非周期関数とは異なる、請求項45に記載の通信システム。

【請求項 4 8】

前記1又は複数の伝送可能な波形のうちの少なくとも 1 つの 1 又は複数の部分は、1 又は複数の入力通信シンボルの少なくとも 1 つに対応する、請求項45に記載の通信システム。

30

【請求項 4 9】

前記1又は複数の伝送可能な波形は、二成分伝送を使用して、前記通信チャネルを通じて発生及び伝送されるものの少なくとも 1 つである、請求項45に記載の通信システム。

【請求項 5 0】

前記1又は複数の伝送可能な波形は、更に内部シンボル時分割多重化を使用して、前記通信チャネルを通じて発生及び伝送されるものの少なくとも 1 つである、請求項49に記載の通信システム。

【請求項 5 1】

前記1又は複数の伝送可能な波形の少なくとも 1 つは、ヘッド部分及びテール部分を含み、その結果、前記テール部分が前記通信チャネルを初期条件に戻す、請求項45に記載の通信システム。

40

【請求項 5 2】

コンピューター可読性媒体、コンピューター、衛星通信装置及びモバイル機器の少なくとも 1 つを、更に備え、

コンピューター可読性媒体、コンピューター、衛星通信装置及び携帯装置のうちの少なくとも 1 つは、

前記1又は複数の伝送可能な波形を受信すること、

前記1又は複数の伝送可能な波形を復調すること、

1 又は複数の出力通信シンボルをユーザ、第二のコンピューター可読性媒体、第二の

50

コンピューター、第二の衛星通信装置及び第二のモバイル機器のうちの少なくとも1つに伝えること、の内の少なくとも1つに適している、請求項45に記載の通信システム。

【請求項 5 3】

前記復調器は、デコーダーを備える、請求項45に記載の通信システム。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0 0 0 1】

以下のオイラーの公式の一般式は、従来技術として知られている：

【数 1】

10

$$f_m(t) = e^{t \cdot \cos(2^{1-m}\pi)} e^{i \cdot t \cdot \sin(2^{1-m}\pi)} \quad (1)$$

【数 2】

$$f_m(t) = e^{ti(2^{2-m})} \quad (2)$$

【0 0 0 2】

これらの方程式において、 i は -1 に等しい虚定数であり、 t は時間パラメーターであり、 m は曲線のジオメトリーの変化をもたらす。 $m = 2$ は、上式の通りオイラー項 e^{it} に換算されるため、複素円(complex circle)に対応する。直交振幅変調技術(「QAM技術」)のような公知のデータ通信信号伝送技術は、複素円に基づいている。 $m > 2$ の値は、次第に成長が早くなり、そして次第に周波数が低くなる複素螺旋に対応する。

20

【0 0 0 3】

関連出願の相互参照

この出願は、「指向性情報出力の最適化に基づくデータ通信信号伝達強化及び他の検討事項」を名称とする米国仮出願61/475,802(2011年4月15日に出願)の優先権を主張し、その完全な内容は参考によって本願明細書に組込まれる。

【0 0 0 4】

30

「非線形関数を使用するデータ通信信号伝送」を名称とする米国特許出願公開番号第2011/0150048号(2011年6月23日に発表)も参考により組込まれる。

【発明の概要】

【0 0 0 5】

例示的な通信方法は、通信シンボルのセットから選択される1又は複数の入力通信シンボルを得るステップと、非周期関数を使用して伝送可能な波形に入力通信シンボルを変換するステップと、通信チャネルを通じて伝送可能な波形を伝送するステップと、を含むことができる。

【0 0 0 6】

他の例示的な通信方法は、非周期関数を使用して構築され、通信チャネルを通じて伝送される伝送可能な波形を受信するステップと、伝送可能な波形を復調するステップと、を含むことができる。

40

【0 0 0 7】

例示的な通信システムは、通信シンボルのセットから選択された入力通信シンボルを得るのに適し且つ非周期関数を使用して伝送可能な波形に入力通信シンボルを変換するのに適した変調器と、通信チャネルを通じて伝送可能な波形を伝送するのに適した送信機又は送受信機と、を含むことができる。

【0 0 0 8】

他の例示的な通信システムは、通信チャネルを通じて伝送され、非周期関数を使用して構築された伝送可能な波形を受信するのに適した受信機又は送受信機と、伝送可能な波形

50

を復調するのに適した復調器と、を含むことができる。

【0009】

本実施形態は、添付の図面の図に、例示されているが、これに限定されるものではない。そして、類似の参照番号は、同じ要素を示す。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1a】図1aは、例示的な実施形態によって生じる信号についての、プラスの時間に対する信号振幅の変動に関する例示的なグラフを示す。

【0011】

【図1b】図1bは、例示的な実施形態によって生じる信号についての、マイナスの時間に対する信号振幅の変動に関する例示的なグラフを示す。
10

【0012】

【図2a】図2aは、複素平面にプロットされた、正回転螺旋の例示的なグラフを示す。

【0013】

【図2b】図2bは、複素平面にプロットされた、逆回転螺旋の例示的なグラフを示す。

【0014】

【図3】図3は、複素平面にプロットされた円を示している例示的なグラフを示す。

【0015】

【図4】図4は、例示的な実施形態によって生じる信号について、チャネルをその初期条件に戻すテール関数に連結した信号ヘッド関数を示す複素平面にプロットされた例示的なグラフを示している。
20

【0016】

【図5a】図5aは、プラスの時間方向と正回転方向を有する、例示的な実施形態によって生じる信号の複素平面にプロットされた例示的なグラフを示す。

【0017】

【図5b】図5bは、マイナスの時間方向及び正回転方向を有する、例示的な実施形態によって生じる信号の複素平面にプロットされた例示的なグラフを示す。

【0018】

【図5c】図5cは、プラスの時間方向及び逆回転方向を有する、例示的な実施形態によって生じる信号の複素平面にプロットされた例示的なグラフを示す。
30

【0019】

【図5d】図5dは、マイナスの時間方向及び逆回転方向を有する、例示的な実施形態によって生じる信号の複素平面にプロットされた例示的なグラフを示す。

【0020】

【図6】図6は、通信システムの例示的な実施形態を示す。

【0021】

【図7】図7は、通信方法の例示的な実施形態を示す。

【発明を実施するための形態】

【0022】

本発明の態様は、本発明の特定の実施形態に関する関連図と以下の記述に開示されている。当業者は、請求項の精神又は範囲を逸脱しない範囲内で別の実施形態を創造できると認識するであろう。加えて、本発明の例示的な実施形態の周知の構成要素は、本発明の関連詳細事項を不明瞭にしないように省略されてたり、詳述されていなかったりする。
40

【0023】

ここで使用する、「例示的」なる用語は、「一例、実例、又は説明に役立つ」を意味する。本願明細書に記載の実施形態は、限定要因にはならず、むしろ単なる例示である。記載されている実施形態は、他の実施形態に対して必ずしも好ましい又は有利であるとして解釈されるわけではないことを理解すべきである。更に、「本発明の実施形態」、「実施形態」又は「本発明」なる用語は、本発明の全ての実施形態が、記述された特徴、利点又は動作モードを含んでいることを要求するものではない。

【0024】

更に、本願明細書に記載の多くの実施形態は、例えば、コンピューター装置の構成要素によって実行される一連の動作の観点から記載されている。本願明細書に記載の様々な一連の動作が特定の回路(例えば、特定用途向け集積回路(ASIC))によって及び/又は少なくとも一つの処理装置により実行されるプログラム命令によって実行されてもよいことは、当業者であれば認識するはずである。加えて、本願明細書に記載の一連の動作は、一連の動作の実行により処理装置が本願明細書に記載の機能を実行できるように、任意のコンピューター可読性記録媒体の形態に完全に具体化してもよい。従って、本発明の様々な態様は、数多くの種々の形態として具体化することができ、その全ては請求項の主題の範囲内であることが意図されている。加えて、本願明細書に記載の実施形態の幾つかにおいて、かかる実施形態に関して対応する形態は、例えば、記載されている動作の幾つかを実行するように「構成されたコンピューター」として、本願明細書に記載することができる。

【0025】

周期関数は、通常の間隔又は期間でその値が反復するものである。余弦及び正弦関数は、周期的であり、電気通信において広く使われている。周期関数は簡潔であるというメリットがある一方で、非周期関数はより一般的であり多様性がある。このより大きな多様性は、信号と信号との識別性を高めることを含む複数の目的のために電気通信において利用されているだろう。そして、これがデータ伝送レートを高めたり雑音抵抗性を向上させたりすることを可能にするだろう。それは、他の信号による干渉を低減させることもできる。方程式1及び方程式2は、非周期関数を生成する：これらは、振幅が時間と共に連続して増加する螺旋を描くことができる。螺旋は、一般的な非周期関数を構成することができる基本成分として見ることができる。方程式1及び方程式2における波形の変動の多くの可能性は、方程式2における3つのレベルの各々に乗算定数(multiplicative constant)及び位相シフトを導入することによって得ることができる。時間オフセットも可能である。これは、「一般的な螺旋公式」によって例示することができる。

【数3】

$$f_m(t) = [\kappa_0 e^{i\omega_0}] e^{[\kappa_1 e^{i\omega_1}](t+t_0)} i^{[\kappa_2 e^{i\omega_2}](2^2-m)} \quad (3)$$

10

20

30

【0026】

方程式3において、「第一レベル」は、
 $[\kappa_0 e^{i\omega_0}]$

を指し、 ω_0 は振幅変調のために変化させることができ、 ω_0 は位相変調のために変化させることができる。

【0027】

「第二レベル」は、
 $[\kappa_1 e^{i\omega_1}](t+t_0)$

40

を指し、様々な ω_1 を周波数変調のために用いてもよく、 ω_1 及び ω_1 は時間反転のために通常は変化させることができる。「時間反転」は、曲線が通る方向を逆転させることを指すことができる。螺旋曲線の例においては、曲線が「外側に向かって螺旋形を描く」(プラスの時間方向)か、「内側に向かって螺旋形を描く」(マイナスの時間方向)ことを指す。時間反転の使用は、特定のチャネル条件下で規定できる識別可能なシンボル数を2倍にするために利用できる。これによってデータ伝送レートを上げたり雑音抵抗性を上げたりするのに利用できる。例えば、時間反転は、 $\omega_1 = \pm 1$ を用いるか $\omega_1 = 0$ 及び $\omega_1 = \pi$ を同等に用いることによって成し遂げることができる。更に、時間シフトは、 t_0 の多値を用いて成し遂げることができる。

【0028】

50

「第三のレベル」は、
 $[\kappa_2 e^{i\omega_2}] (2^{2-m})$

を指し、 κ_2 及び ω_2 は、回転反転のために変化させることができる。例えば、回転反転は、 $\kappa_2 = \pm 1$ を用いるか $\omega_2 = 0$ 及び $\omega_2 = \pi$ を同等に用いることによって成し遂げることができる。更に、m は、波形変調のために変化させることができる。m > 2 となる高い値は、より急速な成長とより低い周波数に対応するだろう。他の変動は、例えば、螺旋の指数関数的な成長と回転速度特性を二者択一的に規定するために、 κ_2 、 κ_1 及び ω_2 の値が関係していてもよい。

【0029】

10

QAM技術とは対照的に、本願明細書に記載の一般的な螺旋公式の実施によって、利用可能な信号数が時間反転(後述)を用いることで2倍にすることができる、回転反転を用いることによって二成分伝送(後述)を用いて更に2倍にすることができるだろう。

【0030】

20

一般的な螺旋公式の実施の更なるメリットは、例示的な実施形態において用いられているように、以下の2つの方法を通じて利用可能な出力の使用を改善することによって得ることができる：1つは、このシステムの信号「クレストファクター」(ピークと平均振幅の比)を巧みに処理して信号雑音抵抗性を向上させる能力を通じてであり、もう1つは、信号当たりの出力を2倍にする有効な改善を可能にする標準的な「重畠伝送」に対する改良を用いることである。標準的な余弦又は正弦波(全サイクルを通じて測定されたもの)に関する信号クレストファクターは、2の平方根に等しくてもよい。例示的な実施形態において用いられているように、クレストファクターを増加させる一般的な螺旋公式の実施により、同じ様に制限された平均出力に対して、より高いピーク振幅が可能になるだろう。それは、ある応用においては、雑音抵抗性を向上させるために有用であろう。例示的な実施形態において用いられているように、クレストファクターを減少させる一般的な螺旋公式の実施は、最大出力に対して制約を受ける平均出力がより高い場合にメリットがある幾つかの応用に有用でもあってもよい。QAM技術によって使われている通り、標準的な重畠伝送には、余弦と正弦波を共に追加する必要があるだろう。この追加により、余弦又は正弦波よりも2の平方根倍大きい振幅を有する重畠された波を発生させることができる。これによって、2倍を超える出力を利用することができる。一般的な螺旋公式の実施は、例示的な実施形態において用いられているように、余弦及び正弦波の追加を回避可能なため、QAM技術と比較すると出力要件を半分に減らすことができる。

30

【0031】

従来の信号変調において使用する正弦及び余弦関数と違い、本願明細書に記載の例示的な実施形態における変調技術としての一般的な螺旋公式の実施の特性は、高非周期波形を生じる得ることである。具体的には、この波形は、正弦及び余弦関数のように同じ位相及び振幅を一定の間隔で戻ることができない。螺旋変調信号は明確な周波数を有することができる一方で、その振幅は時間とともに絶えず変化する。この事実は、信号識別を行なう能力を高めることができる。これによって、雑音抵抗性の改善に寄与することができる。

40

【0032】

簡潔性のために角括弧を除くと、一般的な螺旋公式(方程式3)は、以下のように書くことができる。

【数4】

$$f_m(t) = \kappa_0 e^{i\omega_0} e^{\kappa_1 e^{i\omega_1(t+t_0)} i \kappa_2 e^{i\omega_2(2^{2-m})}} \quad (4)$$

【0033】

方程式4は、特別なケースを考慮することによって理解できる。以下の数式5の通りに設定すると、

50

【数5】

$$\kappa_0 = 1; \kappa_1 = \pm\omega; \kappa_2 = 1; \omega_0 = \omega_1 = \omega_2 = 0; m = 3 \quad (5)$$

【0034】

方程式4は、以下の数式6のように変形し、

【数6】

$$f_3(t) = e^{\pm\omega(t+t_0)i^{(2^{-1})}} \quad (6) \quad 10$$

【0035】

以下の数式7の恒等式と、

【数7】

$$e^{i\pi/2} = i \quad (7)$$

【0036】

20

以下の数式8のオイラーの公式とを用いると、

【数8】

$$e^t = \cos(t) + i \cdot \sin(t) \quad (8)$$

【0037】

方程式6は、以下の数式9のように書き直すことができ、

【数9】

30

$$f_3(t) = e^{\pm\omega(t+t_0)\left[\cos\left(\frac{\pi}{4}\right) + i \sin\left(\frac{\pi}{4}\right)\right]} \quad (9)$$

【0038】

これは、数式10のように2つの因数として表すことができる。

【数10】

$$f_3(t) = e^{\pm\omega(t+t_0)/\sqrt{2}} e^{\pm i\omega(t+t_0)/\sqrt{2}} \quad (10)$$

40

【0039】

第一因数は指数関数的な振幅変化を記述し、第二因数は円運動を複素平面に記述するものである。連結すると、それらは螺旋を複素平面に描く。

【0040】

方程式10は、一般的な螺旋公式の時間パラメーターの方向を逆転させる効果を調べるために用いることができる。値 $\omega = +1$; $t_0 = 0$; $0 \leq t \leq 3$ の場合に、方程式10の振幅を時間に対してプロットすると、例示的な図1aの通り指数関数的に増加する。この曲線は、 $\omega = -1$ に設定することによって時間を反転させることができる。加えて、 $t_0 = -3$ の設定は、例示的な図1bのように、高振幅から始まり、そこから内側に螺旋形を描くよう減少する螺旋が生じる。

50

【 0 0 4 1 】

図1aは、方程式10に対応する信号の例示的な実施形態のプロット100を示す。縦軸102は信号振幅を表し、横軸104はシンボル時間を表し、矢106はプラスの時間方向を示す。

【 0 0 4 2 】

図1bは、方程式10に対応する信号の例示的な実施形態のプロット110を示す。縦軸112は信号振幅を表し、横軸114はシンボル時間を表し、矢116はマイナスの時間方向を示す。

【 0 0 4 3 】

図1a及び1bは、ピーク振幅、周波数又は位相情報とは無関係に、時間とともに変化する振幅のパターンの違いによって特徴づけられる信号を表す。時間方向を用いる信号識別は、一般的な螺旋公式の実施によって可能であってもよい。一方、時間方向を用いる信号識別は、QAM技術を用いては、各信号の複合振幅がその期間の全体にわたって一定であるため不可能である。10

【 0 0 4 4 】

時間方向に加えて、螺旋に関して、回転方向を区別又は特定することも独立して可能である。これを図2a及び2bに示す。

【 0 0 4 5 】

図2aは、正回転(又は、反時計回り)する螺旋の例示的な実施形態の複素平面のプロット200を示す。プロットにおいては、虚軸202と実軸204が示されている。第一矢206は、プラスの時間方向を示し、第二矢208は、マイナスの時間方向を示す。20

【 0 0 4 6 】

図2bは、逆回転(又は、時計回り)する螺旋の例示的な実施形態の複素平面のプロット210を示す。プロットにおいては、虚軸212と実軸214が示されている。第一矢216は、プラスの時間方向を示し、第二矢218は、マイナスの時間方向を示す。20

【 0 0 4 7 】

図2a及び2bから分かるように、時間方向と回転方向は、螺旋に対して独立して指定できる。しかしながら、振幅が変化しない螺旋の特別なケースである円については、回転方向と時間方向は同じものである。円については、進む時間パラメーターを戻る方向に変えることと、正の回転パラメーターを逆のものに変えること、を区別することができない。これは、図3に例示的に示している。30

【 0 0 4 8 】

図3は、円の例示的な実施形態の複素平面のプロット300を示す。プロットにおいては、虚軸302と実軸304が示されている。第一矢306は、プラスの時間方向と正回転方向を示している。第二矢308は、マイナスの時間方向と逆回転方向を示している。

【 0 0 4 9 】

一般的な螺旋公式によって提供される、時間方向に関する高い識別性は、時間反転の使用を可能にするだろう。一般的な螺旋公式の実施は、進み及び戻り時間方向の両方を用いて信号を規定することによって、同じチャネル条件(特定の帯域幅制限及びチャネル障害を含む)及び利用可能な信号出力でQAM技術よりも少なくとも2倍の信号をサポートすることができる。信号は、上記の通り $\tau_1 = \pm 1$ を設定することによって信号の時間反転ペアを発生させつつ、一般的な螺旋公式のパラメーターを指定することによって規定することができる。40

【 0 0 5 0 】

既存のデジタル変調技術(例えばQAM技術)と同様に、「従来技術において知られているパルス整形フィルター」技術は、連続したシンボル間における「シンボル間干渉」(ISI)を制御しつつ、隣接する周波数帯域間における「チャネル間干渉」(ICI)を最小化するために螺旋変調技術と共に用いることができる。

【 0 0 5 1 】

ICI及びISIを制御する更なる技術は、各シンボルが伝送された後、チャネルをその初期条件に戻すことであろう。これは、「シンボル時間」を、「ヘッド関数(head function)」(一般的な螺旋公式と同じである)と、「テール関数(tail function)」(チャネルをその50

初期条件に戻す)に分割することによって達成させることができる。この例は、図4に例示的に示されており、 $m = 3$ のシンボル波形に対応する。「シンボル時間」は、シンボルを表す伝送波形の持続期間と称することができ、それには、「ヘッド関数」の波形と、(もしあれば)「テール関数」の波形を伝送する時間が含まれる。「ヘッド関数」の波形は、周知技術における通常のシンボル波形に対応してもよい。「テール関数」は、ヘッド関数の振幅変化を抑えて、シンボル波形の開始前にチャネルをその初期振幅へスムーズに戻すことによって螺旋に関連する振幅の変化を相殺する手段を提供できる。

【0052】

図4は、 $m = 3$ の信号の例示的な実施形態の複素平面のプロット400を示す。プロットにおいては、虚軸402と実軸404が示されている。信号のヘッド406は、増加螺旋を含むことができる。信号のテール408は、チャネルをその前の信号(presignal)条件に戻すことができる。

10

【0053】

螺旋変調技術を用いる様々なテール関数の使用は、様々な工学技術的な理由に基づいて選択することができる。一般に、より多くの時間をテール関数に割り当てることで、より円滑な遷移が可能になる。これによって、不連続性に伴う周波数の拡散が抑制される。実施される可能性があるテール関数は、限定されるものではないが、直線、指數関数的減衰及びシグモイドであるものを含んでもよく、それらは公知技術の方法で実施されてもよい。種々の信号による種々のテール関数の使用は、信号の識別性を向上させるために利用できる。これによって、雑音抵抗性が高められる。

20

【0054】

信号の「クレストファクター」は、そのピーク振幅とその平均(RMS)振幅の比として定義される。全サイクルを通じて測定される一定振幅の余弦又は正弦波に基づく信号についてのクレストファクターは、2の平方根に常に等しい。

【0055】

指數曲線は時間とともに急速に増加成長するため、一般的な螺旋公式に基づく信号は正弦波よりも非常に高いクレストファクターを有することができる。螺旋公式における m 値を増やすと、クレストファクターを任意の高い値に増加させることができる。

【0056】

平均出力使用量によって制限される応用(例えば衛星又は移動体通信)については、クレストファクターを操作するこの能力は非常に有用な可能性がある。より高いクレストファクターによって、同じ平均出力量で、より高いピーク信号振幅を発生させることができ、チャネル雑音よりも非常に高い振幅を有する信号データを提供することによって雑音抵抗性を向上させることができる。これによって、正確な読み取りが促進される。より高いクレストファクターは、凸状振幅対時間グラフ(即ち、「上方に曲がる」もの)に関係している。方程式4の振幅対時間グラフは、凸状である。

30

【0057】

平均出力が、正弦波の場合よりも最大出力近くになるようにクレストファクターを低下させることが望ましいであろう応用もあるだろう。これは、最大出力は制限されるが平均出力は制限されない通信形態に有効な可能性がある。最大出力に対して平均電力を増加させる場合は、雑音抵抗性を向上させることができる。より低いクレストファクターは、信号伝送に干渉するために雑音を効率的に発生させることができると想われる応用に有効な可能性があり、より高い平均出力は、干渉対象の信号と交差するのを容易にする。より低いクレストファクターは、一般的な螺旋公式に対する様々な調節によって得ることができる。これらの調節には、一般的な螺旋公式によって凸状シンボル波形を発生させ、次にピーク振幅の半分の位置に対応する横線を横切る各シンボル波形の振幅対時間グラフを描くことが含まれてもよい。これは、「通常は低い」振幅グラフを「通常は高い」振幅グラフに変換することを可能にする。効果はシンボル波形の平均出力を最大出力の非常に近くに移動させることであってもよい。これによって、クレストファクターは低下する。

40

【0058】

50

前述のように、一般的な螺旋公式は、時間反転によって、即ち、どちらの方向にシンボルの波形を移動させるかという選択によって可能性があるシンボル数を倍増させることができる。螺旋に関して、「時間反転」は、内側又は外側の螺旋形を選択することに対応するだろう。回転反転を用いることによって再び可能性があるシンボル数を2倍にすることは可能であろう。「回転反転」は、複素平面において時計回りか反時計回りに螺旋を回転させるという選択肢に対応するだろう。時間反転と同様に、回転反転によってもたらされる更なる識別は、データレートの向上か雑音抵抗性の向上に用いることができる。

【0059】

時間反転及び回転反転を用いて、4つのはっきりと識別可能なシーケンスを生じさせることが可能であってもよい。これは、例示的に図5a～5dに示されている。

10

【0060】

図5aは、プラスの時間方向及び正回転を有する信号の例示的な実施形態に関する複素平面のプロット500を示す。プロットにおいては、虚軸502及び実軸504が示されている。信号のヘッド506には、増加螺旋を含ませてもよい。信号のテール508は、チャネルをその前の信号条件に戻すことができる。矢510は時間の方向を示し、位置512は複素平面の信号の出発点を示す。

【0061】

図5bは、マイナスの時間方向及び正回転を有する信号の例示的な実施形態に関する複素平面のプロット520を示す。プロットにおいては、虚軸522及び実軸524が示されている。信号のヘッド526には、減少螺旋を含ませてもよい。信号のテール528は、チャネルをその前の信号条件から上げることができる。矢530は時間の方向を示し、位置532は複素平面の信号の出発点を示す。

20

【0062】

図5cは、プラスの時間方向及び逆回転を有する信号の例示的な実施形態に関する複素平面のプロット540を示す。プロットにおいては、虚軸542及び実軸544が示されている。信号のヘッド546には、増加螺旋を含ませることができる。信号のテール548は、チャネルをその前の信号条件に戻すことができる。矢550は時間の方向を示し、位置552は複素平面の信号の出発点を示す。

【0063】

図5dは、マイナスの時間方向及び逆回転を有する信号の例示的な実施形態に関する複素平面のプロット560を示す。プロットにおいては、虚軸562及び実軸564が示されている。信号のヘッド566には、減少螺旋を含ませることができる。信号のテール568は、チャネルをその前の信号条件から上げることができる。矢570は時間の方向を示し、位置572は複素平面の信号の出発点を示す。

30

【0064】

図5a～5dは、シンボル時間の半分がヘッド関数に与えられその半分がテール関数に与えられる例示的なシンボル波形を表す。これは、表示を明快にするための単なる例示である。ある応用では、より短いテール関数を使用することができる。これが、より良好な信号識別をもたらすだろう。更に、図5a～5dの直線テール関数の使用は例示であり、ヘッド関数とテール関数との間における明確な視覚的識別をもたらすことを目的としている。ある応用では、より円滑な遷移をもたらすテール関数(例：シグモイド又は指数)を使用することができる。

40

【0065】

前述のように、複素円に基づく信号伝送技術(例：QAM技術)に関して、時間反転及び回転反転は同じことである。振幅成長情報がない場合、回転反転と時間反転とを区別することができない。これは、例示的な図3によって示すことができる、時間反転と回転反転は同じことである。しかしながら、回転反転自体は、円において定義可能である。

【0066】

QAM技術が複素平面の円運動に基づくという事実にもかかわらず、QAM技術は、そのデータレートの向上又は雑音抵抗性を向上させるために回転反転を使用することができないだ

50

ろう。第1に、QAM技術において使用する信号公式(「QAM信号公式」)は、本質的に回転情報が除かれている。第2に、QAM技術において使用する重畠伝送は、回転情報が削除されている。これらの観点は、以下で説明される。

【0067】

方程式4で与えられる一般的な螺旋公式とQAM信号公式との間の回転情報を比較するために、一般的な螺旋公式の特別ケースである $m = 2$ を試験してもよい。これは、振幅が成長しない、QAM条件の信号に対応する。 ω_0 及び ϕ_0 を多値にすることによってQAMの振幅及び位相変調特性と一致させると、方程式4は以下の形にまとまるだろう。

【数11】

10

$$f_2(t) = \kappa_0 e^{i\omega_0 t} e^{it} \quad (11)$$

【0068】

ここで、反転の効果は明確に識別することができる。正回転は、以下の式12となり、

【数12】

20

$$f_2(t) = \kappa_0 e^{i\omega_0 t} e^{it} = \kappa_0 e^{i\omega_0 t} (\cos(t) + i \cdot \sin(t)) \quad (12)$$

【0069】

逆回転は、以下の式13となる。

【数13】

$$f_2(-t) = \kappa_0 e^{i\omega_0 t} e^{-it} = \kappa_0 e^{i\omega_0 t} (\cos(t) - i \cdot \sin(t)) \quad (13)$$

【0070】

しかしながら、QAM信号公式では、この識別が不可能である。QAM信号公式は、以下の式14の通りである。

【数14】

30

$$s(t) = I \cos(\omega t) + Q \sin(\omega t) \quad (14)$$

【0071】

QAM信号公式から、逆反転(-t)と虚数成分の符号逆転(-Q)とを区別することができない。これは、以下の式15の通り、正弦関数の反対称性のためである。

【数15】

40

$$-Q \sin(\omega t) = Q \sin(-\omega t) \quad (15)$$

【0072】

QAM信号公式は、Qが負の値を取れなくすることでこの問題を回避し、回転符号を保存している。しかしながら、これによって、QAM信号公式を使用して生じる信号は、互いを識別するのがより困難になるだろう(これは、QAM信号公式を使用して生じる信号の信号空間ダイヤグラムの下半分を使用しないことに対応する)。その結果、ビット誤り率は、上昇するだろう。

50

【0073】

本質的には、一般的な螺旋公式は回転情報を保つ極方程式(polar formulation)を使用することができるが、QAM信号公式はそれが除かれたデカルト定式(Cartesian formulation)を使用する。

【0074】

前述のように、円に対応する特別なケース($m = 2$)についていえば、時間反転と回転反転との間に差はない。しかしながら、より値が高い任意の m については、時間及び回転反転は、図5a～5dに幾何学的に示されている通り、明瞭である。

【0075】

時間反転と回転反転との相違は、例えば $m = 3$ を使用して、代数学的に調べることもできる。値 $m = 3$ は、それが方程式1の余弦及び正弦因数を等しくするという点で特別である。しかしながら、同じ一般的な螺旋特性は、 $m > 2$ の任意の値で保たれる。

【0076】

方程式4に対して、以下の数式16の構成をとる。

【数16】

$$\kappa_0 = 1; \kappa_1 = \pm 1; \kappa_2 = \pm 1; \omega_0 = \omega_1 = \omega_2 = 0; m = 3 \quad (16)$$

【0077】

方程式4が数式16の構成をとると、以下の数式17となる。

【数17】

$$f_3(t) = e^{\pm t i^{\pm(2^2-3)}} \quad (17)$$

【0078】

再び、方程式7及び方程式8の恒等式を使用すると、これは、以下の数式18となる。

【数18】

$$f_3(t) = e^{\pm_1 \omega t / \sqrt{2}} e^{\pm_2 i \omega t / \sqrt{2}} \quad (18)$$

【0079】

ここで、 \pm の作用素は、下付き文字にしており、(方程式10とは異なり)それらが互いに独立していること強調している。その結果、以下の4つの可能性が考えられる。

【数19】

$$f_3(t) = e^{\omega t / \sqrt{2}} e^{i \omega t / \sqrt{2}} \quad (19)$$

【数20】

$$f_3(t) = e^{-\omega t / \sqrt{2}} e^{i \omega t / \sqrt{2}} \quad (20)$$

【数21】

$$f_3(t) = e^{\omega t/\sqrt{2}} e^{-i\omega t/\sqrt{2}} \quad (21)$$

【数22】

$$f_3(t) = e^{-\omega t/\sqrt{2}} e^{-i\omega t/\sqrt{2}} \quad (22)$$

10

【0080】

方程式19から22は、時間反転と回転反転との組合せの4つの可能性を表す。これらの方程式を見ると、互いを識別することができる。一般的な螺旋公式の実施が時間及び回転反転をサポートし、その結果、同じチャネル条件でQAMよりも4倍多く信号をサポートするか否かは、どのように信号伝送を実行するのかという技術的態様によるだろう。

【0081】

のことから、回転反転は、QAM技術に応用できない、即ち、QAM重畠伝送から回転情報が除かれている第二の理由が導かれる。

【0082】

「重畠伝送」は、QAM技術を使用して得られた信号の余弦及び正弦成分を合計して、その合計を伝送することを指すことができる。余弦及び正弦関数の直交性によって、それらを受信機が区別できるのであろう。

20

【0083】

重畠の利点としては、同じシンボル時間を各々独立して使用することで余弦成分と正弦成分を別々に送ることに比べて、時間が効率的であってもよい。しかしながら、重畠には、不利な点が2つある。第1に、重畠は、本質的に、1シンボル当たり1ビットに情報処理能力を低下させる。第2に、重畠は、出力効率を低下させる。実際、重畠した合計は、互いに独立したいずれかの成分よりも2倍の振幅を有する。これは、各成分が、原則として許容されるチャネルよりも小さい振幅を使用する必要があるだろうことを意味する。この結果、雑音感受性は、上昇する。

30

【0084】

重畠由来の情報処理能力の低下は、次の恒等式から生じる。

【数23】

$$\cos(t) + \sin(t) = \cos\left(\frac{\pi}{2} - t\right) + \sin\left(\frac{\pi}{2} - t\right) \quad (23)$$

【0085】

この恒等式から、重畠は、正弦(t)の値が小さく余弦(t)の値が大きい(又はその逆)の時の角度を識別することができないことが示される。恒等式は、以下の通り、標準的な公式を方程式23の右辺に適用することによって証明できる。

40

【0086】

角度の和に関する三角関数の公式である以下の数式24及び数式25を用いる。

【数24】

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos(\alpha)\cos(\beta) - \sin(\alpha)\sin(\beta) \quad (24)$$

【0087】

【数25】

$$\sin(\alpha + \beta) = \cos(\alpha)\sin(\beta) + \sin(\alpha)\cos(\beta) \quad (25)$$

【0088】

数式24及び数式25を用いると、方程式23の右辺が以下の数式26のようになる。

【数26】

$$\begin{aligned} & \cos\left(\frac{\pi}{2} - t\right) + \sin\left(\frac{\pi}{2} - t\right) \\ &= \cos\left(\frac{\pi}{2}\right)\cos(-t) - \sin\left(\frac{\pi}{2}\right)\sin(-t) \\ &+ \cos\left(\frac{\pi}{2}\right)\sin(-t) + \sin\left(\frac{\pi}{2}\right)\cos(-t) \end{aligned} \quad (26) \quad 10$$

【0089】

数式26を単純化すると、以下の数式27のようになる。

【数27】

$$\cos\left(\frac{\pi}{2} - t\right) + \sin\left(\frac{\pi}{2} - t\right) = 0 - 1\sin(-t) + 0 + 1\cos(-t) = \sin(t) + \cos(t) \quad (27) \quad 20$$

【0090】

方程式23の1つの見方は、重畠では、 $\pi/2$ の位相シフトと逆回転とを見分けることができないということである。これは、以下の方程式2における特別ケースから見ることができる。

【数28】

$$\cos(-t) + \sin(-t) = \cos\left(t + \frac{\pi}{2}\right) + \sin\left(t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (28) \quad 30$$

【0091】

従って、QAM技術が回転情報を本質的に放棄しなかった場合であっても、それは、重畠伝送において失われるだろう。

【0092】

重畠伝送が使われる場合、一般的な螺旋公式は同じような影響を受ける。それでも、一般的な螺旋公式は、QAM信号公式と少なくとも2つの方法において異なる。

【0093】

第1に、重畠伝送であっても、一般的な螺旋公式は時間反転をサポートするが、QAM信号公式はサポートしない。その理由は、時間経過を伴う振幅変動は、重畠に影響を受けないためである。

【0094】

第2に、一般的な螺旋公式の実施は、位相変調も使用しない限り、重畠伝送と共に回転反転を使用することができる。QAMに関しては信号発生に位相シフトを必要とするが、一般的な螺旋公式の実施に関しては必要としない。信号は、米国特許出願公開番号第2011/0150048号(参照によって本願明細書に組み込まれる)に説明されているように、種々のm値を選択することによって発生させることもできる。

【0095】

最後に、重畠は、信号を伝送する唯一の手段でなくてもよい。「二成分伝送(two-compo

nen transmission)」が可能であってもよい。

【0096】

重畠は、单一系列(single series)の値を有する信号(QAM技術又は一般的な螺旋公式の場合、二次元信号)を表す、「一成分伝送(one-component transmission)」と呼ぶことができるものの一例である。

【0097】

「二成分伝送」には、余弦及び正弦成分を独立して伝送することを含ませることができる。更に、内部シンボル時分割多重化を使用してもよい。内部シンボル多重化においては、余弦及び正弦成分を次々と伝送することができる。二成分伝送及び内部シンボル多重化は、回転反転信号を送るために一般的な螺旋公式と共に用いることができる。二成分伝送は、周期又は非周期関数を使用して伝送可能な波形を伝送するために用いることができる。
10

【0098】

回転反転を可能にすること以外に、二成分伝送は、少なくとも3つの方法で雑音抵抗に
対して有用であろう。

【0099】

雑音抵抗に対する二成分伝送の第一の利点は、二成分伝送によって、受信器がシンボル当たりに数多くのサンプルを得ることができ、チャネル雑音を平均化するこのオーバーサンプリングを利用できることにある。これは、重畠では不可能である。理由は、実数と虚数のデータを合わせることにより、サイクル当たりの可能性があるサンプリング点が4つだけ可能になり、それらの点において実数又は虚数値はゼロであることが既知であり、その結果、その他は明白に決定できるためである。
20

【0100】

雑音抵抗に対する二成分伝送の第二の利点は、特に非線形的性質を有するチャネルに対して有用であり、信号形状特性を分析するために実数と虚数データとを明白に分離する必要がある米国特許出願公開番号第2011/0150048号に記載の技術(参照によって本願明細書に組み込まれる)の使用が可能になる点である。

【0101】

雑音抵抗に対する二成分伝送の第三の利点は、後述する通り、信号出力効率を2倍に向上させることができる点である。
30

【0102】

二成分伝送が重畠信号と同じ時間間隔で各成分を個別に送る必要がある場合は、大きくデータレートを低下させる可能性がある。しかしながら、サンプリングレートが充分である場合、半分の時間で各成分を伝送することが可能となり、その結果、全シンボル時間間隔が一定に保たれる。例えば、信号の1つの部分は1つのシンボルに対応させることができる一方で、信号の他の部分は他のシンボルに対応させることができる。4分の1の時間(又は、より小さい比率又は区間であり、規則的であったり不規則的であったりするもの)で各成分を送ることが可能であってもよく、その結果、従来型の変調技術(例えばQAM技術)と比べると、データレートが上昇する。QAM技術及び類似の技術が单一のシンボルを伝送する必要があるため、同じシンボル時間間隔内で2又は3以上のシンボルを伝送可能にするために、これを利用してもよい。
40

【0103】

一般的な螺旋公式の実施は、QAM技術を用いる重畠よりも非常に出力が効率的な信号伝送技術をサポートすることができる。前述のように、QAM技術を用いた重畠は、成分振幅を1/2倍に下げる。これは、以下のように起こる。

【0104】

QAM(重畠)信号公式は、以下の式29の通りである。

【数29】

$$s(t) = I \cos(\omega t) + Q \sin(\omega t) \quad (29)$$

【0105】

数式29は、以下の数式30に等しい。

【数30】

$$s(t) = \sqrt{I^2 + Q^2} \left[\frac{I}{\sqrt{I^2 + Q^2}} \cos(\omega t) + \frac{Q}{\sqrt{I^2 + Q^2}} \sin(\omega t) \right] \quad (30)$$

【0106】

$$\frac{I}{\sqrt{I^2 + Q^2}}$$

と

$$\frac{Q}{\sqrt{I^2 + Q^2}}$$

は直交するため、それらはある角度の正弦及び余弦として見ることができる。これは、以下の数式31となる。

【数31】

$$s(t) = \sqrt{I^2 + Q^2} [\sin(\alpha) \cos(\omega t) + \cos(\alpha) \sin(\omega t)] \quad (31)$$

20

【0107】

数式31は、以下の数式32と等しい。

【数32】

$$s(t) = \sqrt{I^2 + Q^2} [\sin(\omega t + \alpha)] \quad (32)$$

【0108】

QAM(重畠)信号公式の振幅は、分離したI又はQ成分のいずれかよりも大きいだろう。
I = Qのときに最大となり、この場合、重畠された振幅は、各々の成分振幅のいずれかよりも2倍大きい。

30

【0109】

QAM技術を用いた重畠は、この場合のために「余力を残す(leave room)」必要があるため、各成分はそれぞれ最大チャネル振幅の1/2以下であってもよい。これが成分振幅を低下させる。当然、雑音脆弱性は増加する。

【0110】

一般的な螺旋公式の実施については、同じ情報を1/2倍に低下させずに伝送できる。
重畠の必要がないため、直ちにこれを二成分伝送に準拠させられる。

40

【0111】

これは一成分伝送にも当てはまるだろう。その理由は、一般的な螺旋公式の実施に関して言えば、重畠は単にいずれかの成分の位相をシフトさせることに等しいためである。従って、いずれかの成分を(任意に位相シフトを伴って)伝送させるだけでよい。これは、以下の通り、一般的な螺旋公式の実施の重畠を分析することによって理解できる。

【0112】

QAM信号公式との比較を容易にするために、一般的な螺旋公式のバージョンはm = 2を用いる。これは、QAM技術において信号が増幅しない状態に対応する。

【0113】

方程式12に基づいて、余弦及び正弦を加えると、以下の数式33がもたらされる。

50

【数33】

$$\kappa_0 e^{i\omega_0} (\cos(t) + \sin(t)) \quad (33)$$

【0114】

上で使用したものと同様の三角関数の公式を用いることによって、これは、以下の数式34、数式35及び数式36と等しくなる。

【数34】

$$\kappa_0 e^{i\omega_0} \sqrt{2} ((1/\sqrt{2}) \cos(t) + (1/\sqrt{2}) \sin(t)) \quad (34) \quad 10$$

【数35】

$$\sqrt{2} \kappa_0 e^{i\omega_0} (\sin(\pi/4) \cos(t) + \cos(\pi/4) \sin(t)) \quad (35)$$

【数36】

$$\sqrt{2} \kappa_0 e^{i\omega_0} (\sin(t + \pi/4)) \quad (36)$$

【0115】

20

方程式36は、単なる定数 $\pi/4$ によって位相をシフトさせて 2倍させた一般的な螺旋公式の正弦成分である。いずれかの成分を個々に伝送することに比べると、一般的な螺旋公式の実施の重畠からは、新情報は得られない。これは、QAM信号検出と異なる。

【0116】

方程式36が単純なのは、一般的な螺旋公式は、同じ振幅が両方の成分に割り当てられており、両方とも、同じ情報が含まれているためである。QAM技術は独立振幅ウェイトの情報を余弦及び正弦成分に保存するのに対して、一般的な螺旋公式は共通振幅及び位相を有する極方程式を使用する。この情報は、いずれかの成分に個々に利用可能である。

【0117】

出力は振幅の二乗に比例するので、单一成分伝送のQAM技術に対して振幅が2の平方根倍である一般的な螺旋公式の実施のアドバンテージは、出力が2倍というアドバンテージに等しい。

30

【0118】

説明のために、二成分伝送で用いる時間反転の例示的な実施を以下に示し、周知技術と比較する。

【0119】

伝送に利用可能な8つの可能性あるシンボルをサポートしている通信システムを設計することは望ましいだろう。公知の技術から、「8-PSK」(位相偏移キーイング)として知られている、QAM技術の特別なケースとして生み出されたようである。それは、8つのシンボルは、8つの複素数によって表され、すべてが等振幅であり、複素円周りに $\pi/4$ 毎に互いにシフトした位相を有する。これらの8つの複素数は、1サイクル上に、必要な伝送周波数で余弦及び正弦波の8つのペアの初期位相を定義するのに用いることができる。そして、公知技術によって重畠伝送を使用し、その結果、各シンボルがその関連する余弦及び正弦波の合計によって表される。二乗余弦フィルター(又は、平方根二乗余弦フィルター)は、重畠された波の周波数拡散を制御し、ICIを低減のために用いることができる。信号受信機は、余弦及び正弦データを重畠された波から抽出できる特定の位置でサンプリングすることによって伝送されたシンボルを導き出すことができる。重畠されたデータに関しては、正弦データがゼロのときだけ余弦値を明白に読むことが出来、そして、逆もまた同様である。これが、周期当たり多くても2つの余弦及び2つの正弦データポイントを提供する。

40

【0120】

50

通信方法の例示的な実施形態は、8つの複合螺旋又は従来技術において知られている8つの非周期関数にマップされる8つの通信シンボルのセットを代わりに使用することができる。通信方法の例示的な実施形態において、4つの複合螺旋、 $\pi/2$ によって互いがシフトした位相、及び形状変調率 $m = 2 \cdot 4$ を使用することができる。これら4つの複合螺旋は、実数及び虚数波の各々に関する半サイクル上の必要な周波数で、実数及び虚数波の4つのペアを発生させるために用いることができる。時分割多重化を用いて、4つの波形は、ペアとなるシンボル虚数波に続く各シンボル実数波を連続させることによって生じさせることができる。その結果、重畠された8-PSK波形と同じ持続期間の複合波が発生する。シンボル数は、時間反転を用いて、4から8へと2倍にすることができる。これは、8-PSKと一致する。上記の通りの4つの複合波形の各々について、新規な波形は、時間反転虚数波に続く時間反転実数波を連続させるによって作り出すことができる。ガウスフィルターは、複合波形の周波数拡散を制御するために用いることができる。信号受信機は、公知の整合フィルターの技術を使用して伝送信号を同定し、雑音を減らすために、受信した実数及び虚数データをオーバーサンプリングすることができる。

【0121】

8-PSKは二乗余弦フィルターを使用するが、上述の通信方法の例示的な実施形態はガウスフィルターを使用することができる。ICI、出力、実施の複雑さ、複数サンプルにより平均化されたISIの観点から、ガウスフィルターは二乗余弦フィルターに勝る効果があつてもよい。8-PSKは、二乗余弦フィルターの使用を強いられる。その理由は、8-PSK受信機が信号データを抽出する単一の位置においてISIを最小化するためである。

【0122】

通信方法の例示的な実施形態は、互いが明白に隔てられている実数及び虚数データを有するため、それらは、受信機において信号を複数回サンプリングするその能力に制限されるものではない。従って、例示的な実施形態は、受信機のオーバーサンプリングによって8-PSKよりも効果的に雑音を制御できる一方で、二乗余弦フィルターよりもガウス型を使用することから利益がもたらされる。

【0123】

公知の整合フィルター信号検出の技術は、通信チャネルの歪が加法性ホワイトガウスノイズ(AWGN)のみである通信チャネルに最適化してもよい。しかしながら、それらの効果は、複数のデータ位置を抽出する能力次第の可能性がある。それは、上述の時分割多重化方法によって容易になる可能性がある。非AWGNチャネルの信号検出技術は、米国特許出願公開番号第2011/0150048号に記載され、参照によって本願明細書に組み込まれる。

【0124】

図6は、通信システム600の例示的な実施形態を示し、変調器610、送信機又は送受信機620、通信チャネル630、受信機又は送受信機640、そして、復調器650を含めてもよい。復調器650には、デコーダー652を含ませることができる。変調器610には、エンコーダー612及びパルス-成形フィルター614を含ませることができる。複数の入力通信シンボル60は、通信シンボルのセットから得て、非周期関数のセットから選択された複数の関数及び変調器610を使用して複数の伝送可能な波形に変換し、送信機又は送受信機620を用いて通信チャネル630を通じて伝送させてよい。

【0125】

入力通信シンボルは、例えば、変調器610に保存してもよく、又は、電子機器から取得してもよく、若しくはそれによって供給してもよい。非周期関数は、例えば、変調器610に保存してもよく、又は電子機器から取得してもよい。

【0126】

伝送可能な波形は、受信機又は送受信機640を使用して受信し、複数の出力通信シンボル61を得るために復調器650を使用して復調することができる。出力通信シンボルは、例えば、ユーザ又は電子装置に伝えることができる。

【0127】

電子装置には、コンピューター可読性媒体、コンピューター、衛星通信装置及び/又は

10

20

30

40

50

モバイル機器(例えばパーソナル携帯情報機器、ラップトップコンピューター又は携帯電話)を含ませてもよい。電子機器は、例えば、通信シンボルデータ、非周期関数データ及び/又は伝送可能な波形を、保存、変換、処理、伝送、受信、ユーザに通知、及び/又は、そうでなければ管理することができる。変調器610、送信機又は送受信機62、受信機又は送受信機640、復調器650及び電子機器を含む上記の部品のいずれにも、当業者には公知である又は複数の処理装置及びコンピューター可読性媒体が含まれる。

【0128】

図7は、通信方法の例示的な実施形態700を示す。これには、以下のステップが含まれていてもよい：ステップ710において、通信シンボルのセットから選択される複数の入力通信シンボルを得るステップと、ステップ720において、関数を使用して構築される複数の伝送可能な波形に複数の入力通信シンボルを変換するステップと、ステップ730において、通信チャネルを通じて複数の伝送可能な波形を伝送するステップと、ステップ740において、複数の伝送可能な波形を受信するステップと、ステップ750において、複数の伝送可能な波形を復調するステップと、ステップ760において、ユーザ又は電子機器に出力通信信号のセットを伝えるステップ。

10

【0129】

ステップ710において、複数の入力通信シンボルは、変調器及び/又は電子機器を使用して得ることができる。入力通信シンボルは、通信シンボルのセットから選択することができる。例えば、入力通信シンボルのセットには、8つの通信シンボルを含ませることができる。電子機器には、コンピューター可読性媒体、コンピューター、衛星通信装置及び/又はモバイル機器(例えばパーソナル携帯情報機器、ラップトップコンピューター又は携帯電話)を含ませることができる。

20

【0130】

ステップ720において、複数の入力通信シンボルは、変調器を使用して複数の伝送可能な波形に変換してもよい。上記波形は、関数を使用して構築してもよく、この関数には、方程式3が含まれるが、これに限定されるものではない。上記関数は、非周期関数のセットから選択することができる。非周期関数は、変調器に保存したり電子機器から得たりしてもよい。非周期関数のセットは、通信シンボルのセットにマップするか、そのセットに対応させてもよい。電子機器にはコンピューター可読性媒体、コンピューター、衛星通信装置及び/又はモバイル機器(例えばパーソナル携帯情報機器、ラップトップコンピューター又は携帯電話)を含ませてもよい。

30

【0131】

変調器には、複数の入力通信シンボルを振幅データに変換するエンコーダーと、信号を帯域制限するパルス整形フィルターとを、含ませてもよい。エンコーダーは、(1)シンボル番号によってインデックスが付けられた参照表からデジタル振幅データを読み取ること、(2)公知技術のアナログ装置を用いてシンボル系列に等価なアナログ波形を生じさせること、又は、(3)従来技術において知られている任意の他のエンコーディング技術を使用すること、によって複数の通信シンボルを振幅データに変換することができる。パルス-成形フィルターは、従来技術において知られているガウスフィルター又は任意の他のフィルターであってもよい。

40

【0132】

参照表は、非周期関数のセットを通信シンボルのセットにマップしたものであってもよい。例えば、参照表には、非周期関数 $\{F_j(t)\}$ の値を含ませることができる。 $\{F_j(t)\}$ は、チャネル特性(例えば雑音及び利用可能な振幅及び周波数帯域)と最適化基準と、を考慮して選択してもよい。例えば、 $\{F_j(t)\}$ は、許容サンプルの数、出力使用量及び変復調装置のチップの複雑さに制限が課されつつ、それらの信号-検出整合フィルター間の差を最大にするように選択してもよい。一意の数字コード(例：バイナリコード)は、各 $\{F_j(t)\}$ に関する処理装置によって割り当てられてもよい。それらは、送信機又は送受信機及び受信機又は送受信機によって取り決められる。

【0133】

50

方程式3は、 $\{ F_j(t) \}$ に基づいてもよい。一意の数字コードは、振幅、位相、時間方向、周波数、回転方向及び/又は成長の関数から決定してもよい。例えば、一意の数字コードは、様々な位相(方程式4の ϕ_0)、成長(方程式4の m)及び時間方向(方程式4の ω_1 又は ω_2)によって決定してもよい。あるいは、非周期波形の任意のタイプを使用してもよい。

【0134】

一意の数字コードを用いることにより、複数の入力通信シンボルを、 $\{ F_j(t) \}$ から選択される同等の非周期関数列に変換させてもよく、複数の波形を、送信機又は送受信機を使用して発生させてもよい。

【0135】

ステップ730において、複数の伝送可能な波形は、送信機又は送受信機を使用して通信チャネルを通じて伝送可能である。複数の伝送可能な波形は、空気、光ファイバーケーブル又は従来技術において知られている任意の他の媒体を伝送できる。通信チャネルは、雑音、フェード、信号ひずみ又は従来技術において知られている任意の他のチャネル障害を被る可能性がある。

【0136】

回転反転の利用が容易になるだろうから、二成分伝送を使用してもよい。更に、二成分内部シンボル時分割多重化は、雑音を平均化するために用いることができ、信号データのオーバーサンプリングを容易にするために用いることができる。

【0137】

更に、伝送可能な波形の種々の部分は、種々のシンボルに対応させることができる。これによって、従来型の変調技術(例えばQAM技術)と比較して、より高いデータレートが可能になるだろう。

【0138】

更に、シンボルレートは、シンボルの伝送振幅の実数及び虚数成分の各々に関する二成分内部シンボル時分割多重化を縮小することによって増加させることができる。

【0139】

伝送された信号の出力特性は、その出力特性を変えるために信号のクレストファクターを操作することによって変化させてもよい。例えば、クレストファクターは、正弦波形に指數波形を掛けること及び/又は一般的な螺旋公式のパラメーター「 m 」を調節することによって操作されてもよい。

【0140】

シンボル間の遷移は、シンボル間でシンボル伝送データをヘッド及びテール関数に分割することによって滑らかにしてもよい。

【0141】

ステップ740において、複数の伝送可能な波形は、受信機又は送受信機を使用して受信することができる。

【0142】

ステップ750において、複数の伝送可能な波形は、復調器を使用して復調することができる。復調器130には、デコーダー132を含ませてもよい。複数の伝送可能な波形は、各シンボルに対応する振幅データ間に分割してもよい。受信機又は送受信機は、伝送された波形をサンプリングし、 $\{ F_j(t) \}$ の値について予め計算された表を検索することによってたらされる「 j 」を決定することができる。伝送された波形は、「 j 」値と一意の数字コードとの関係から処理装置によってデコードしてもよい。

【0143】

あるいは、主に加法性ホワイトガウスノイズ(AWGN)を含むチャネルに関して言えば、従来技術において知られている信号検出整合フィルター技術は、信号振幅データを一連の受信シンボルに変換するために用いることができる。他の障害を有するチャネルに関して言えば、他のフィルタリング技術を、信号検出整合フィルターに加えて又はその代わりに用いてもよい。これらの他の技術には、米国特許出願公開番号第2011/0150048号(参照によ

10

20

30

40

50

り本願明細書に組み込まれる)に記載されているものが含まれていてもよい。

【0144】

ステップ760において、出力通信信号のセットは、電子機器又はユーザに伝えることができる。電子機器には、コンピューター可読性媒体、コンピューター、衛星通信装置及び/又はモバイル機器(例えばパーソナル携帯情報機器、ラップトップコンピューター又は携帯電話)を含ませてもよい。

【0145】

他の例示的な実施形態において、電子機器は、例えば、通信シンボルデータ、非周期関数データ及び/又は伝送可能な波形を、保存、変換、処理、伝送、受信、ユーザに通知、及び/又は、そうでなければ管理することができる。

10

【0146】

前述の記述及び添付の図は、本発明の原理、好ましい実施形態及び動作モードを示している。しかしながら、本発明は、上記特定の態様に限定されるものとして解釈すべきではない。上記実施形態の更なるバリエーションは、当業者によって認識されるだろう。

【0147】

従って、上記実施形態は、制限というよりはむしろ実例であると考えるべきである。従って、それらの実施形態に対するバリエーションは、添付の請求項に記載の本発明の要旨を逸脱しない範囲で、当業者によって行なうことができると認識すべきである。

【図1a】

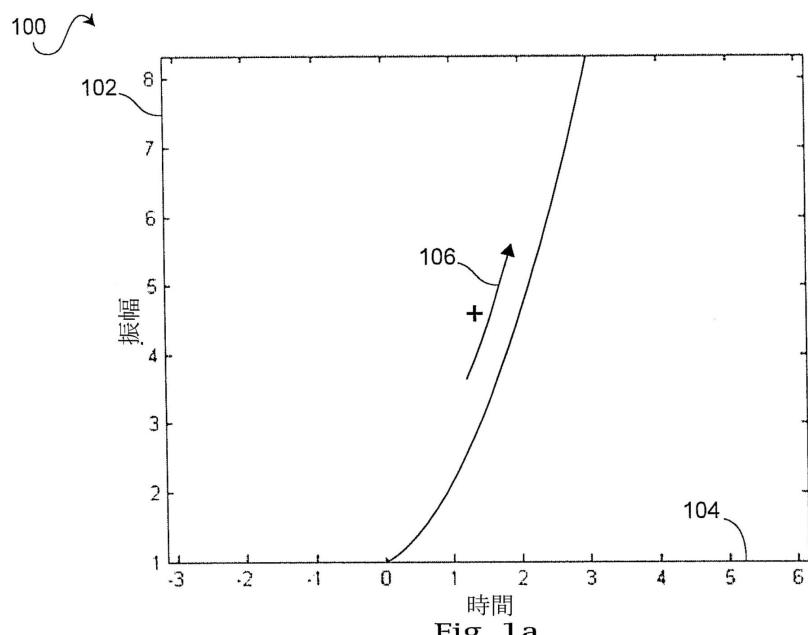


Fig. 1a

【図 1 b】

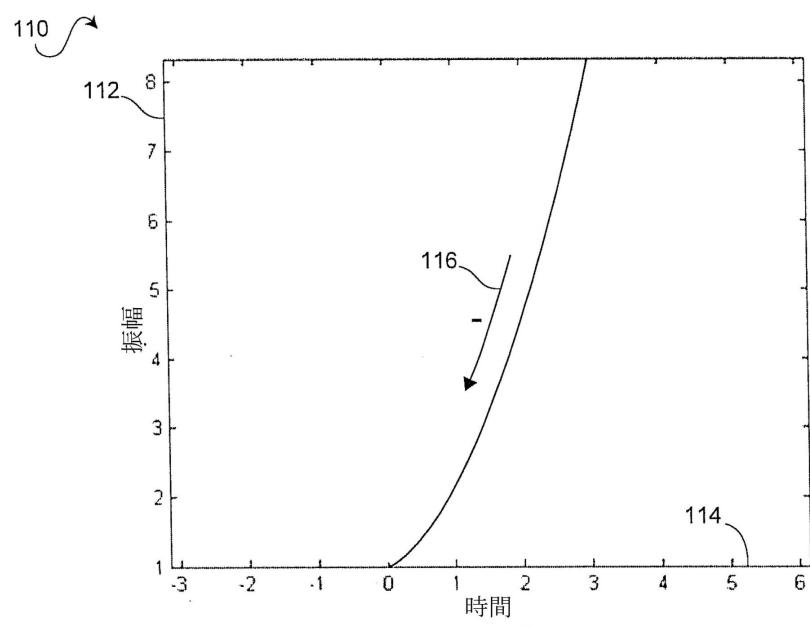


Fig. 1b

【図 2 a】

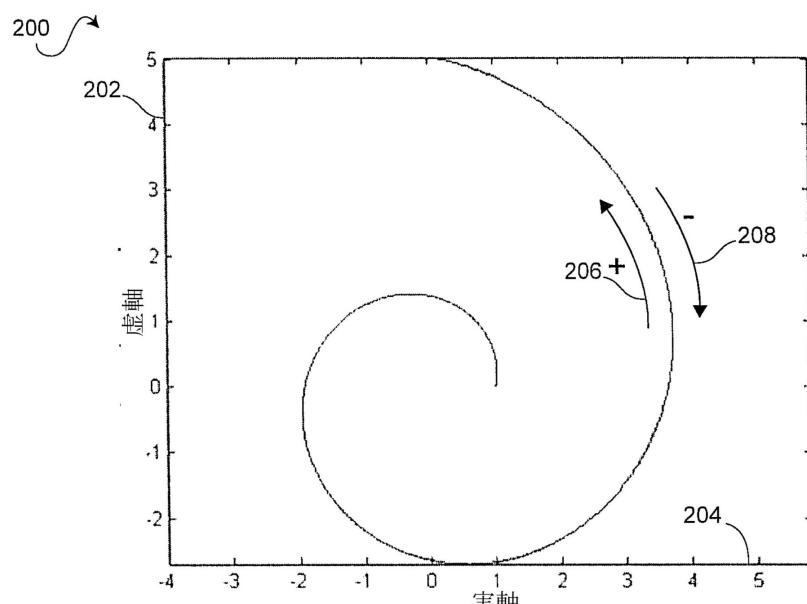


Fig. 2a

【図 2 b】

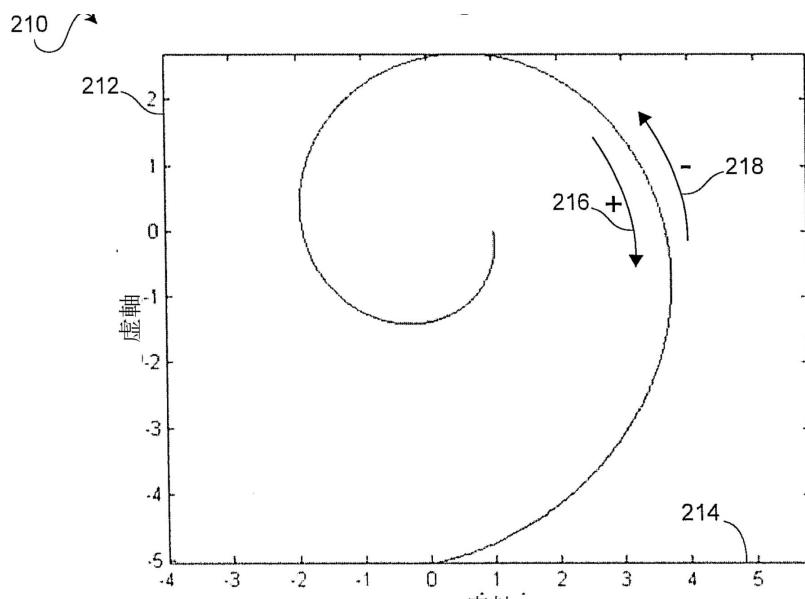


Fig. 2b

【図 3】

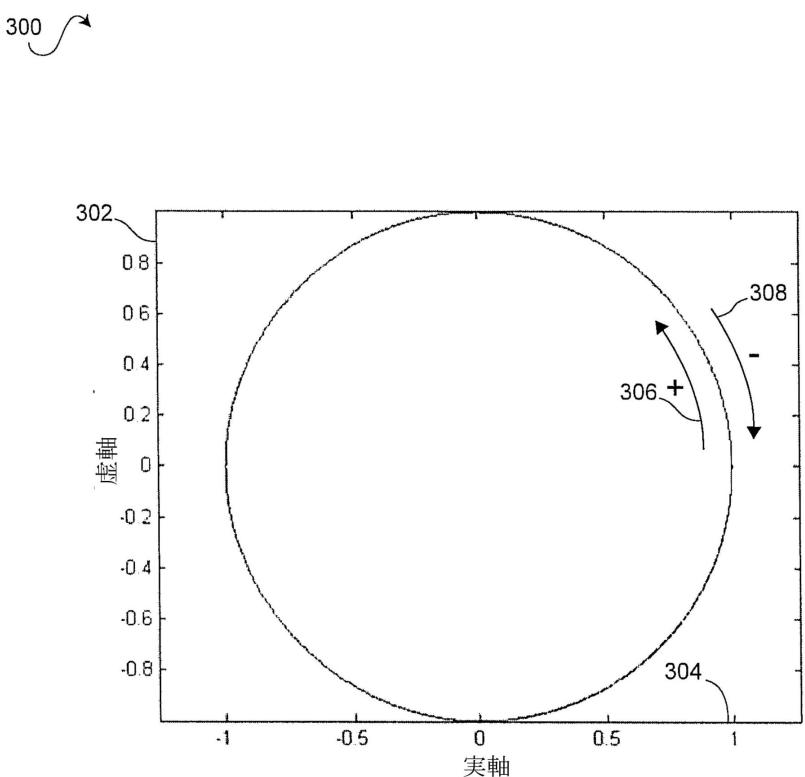


Fig. 3

【図4】

400 ↗

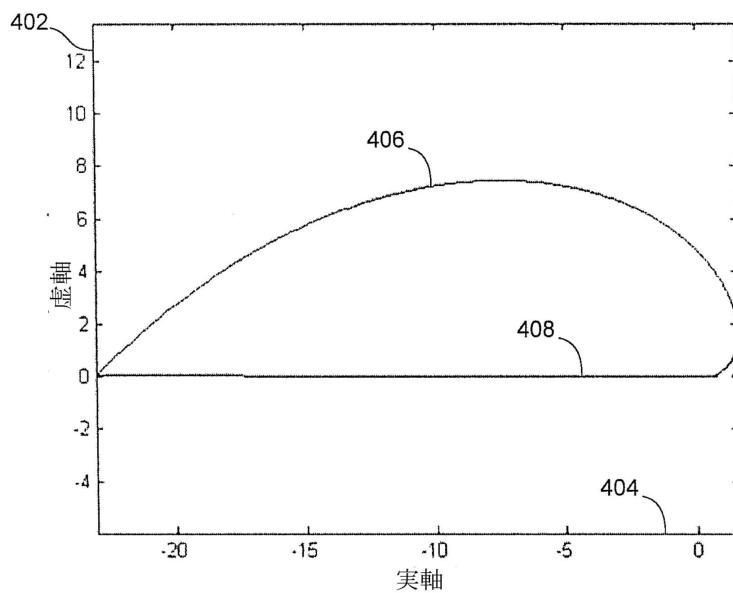


Fig. 4

【図5a】

500 ↗

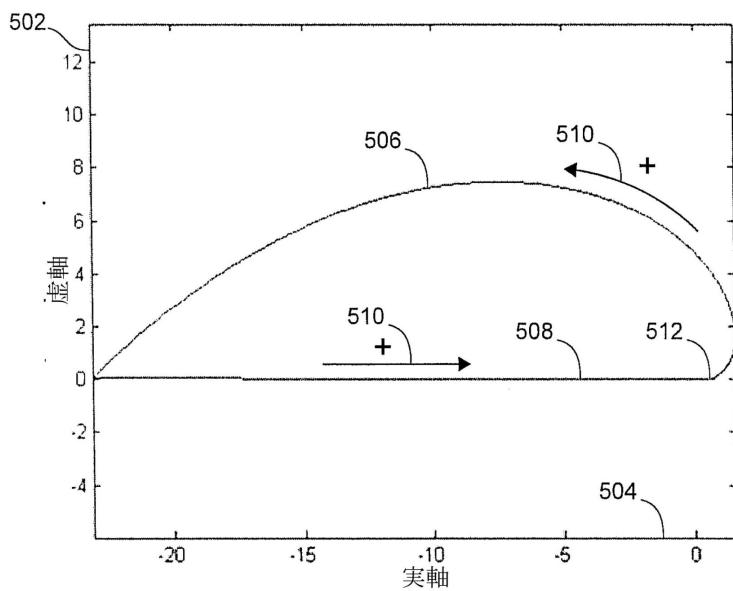


Fig. 5a

【図 5 b】

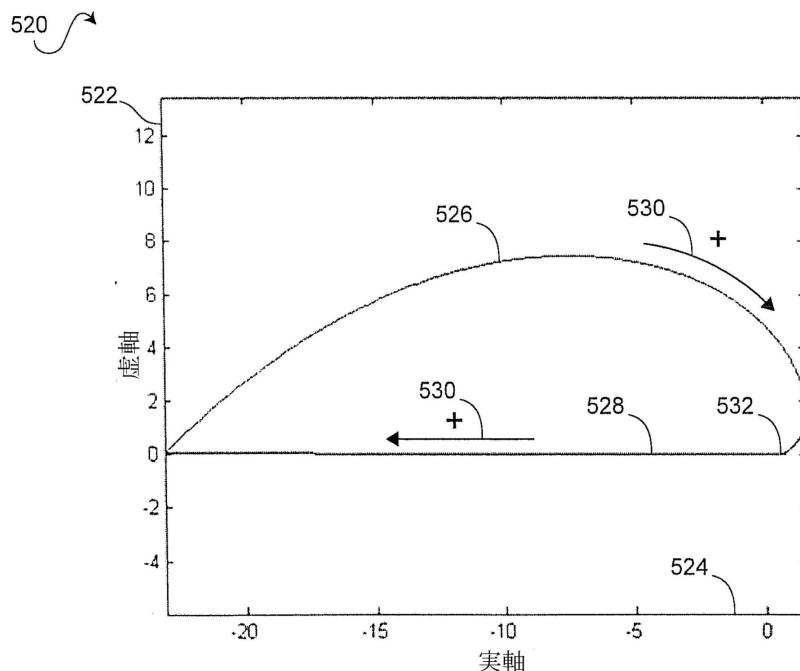


Fig. 5b

【図 5 c】

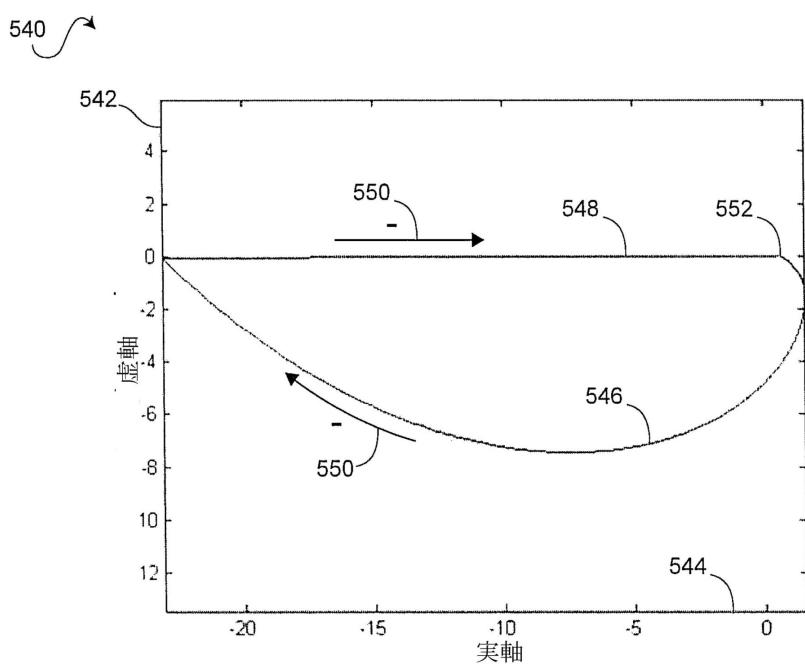


Fig. 5c

【図 5 d】

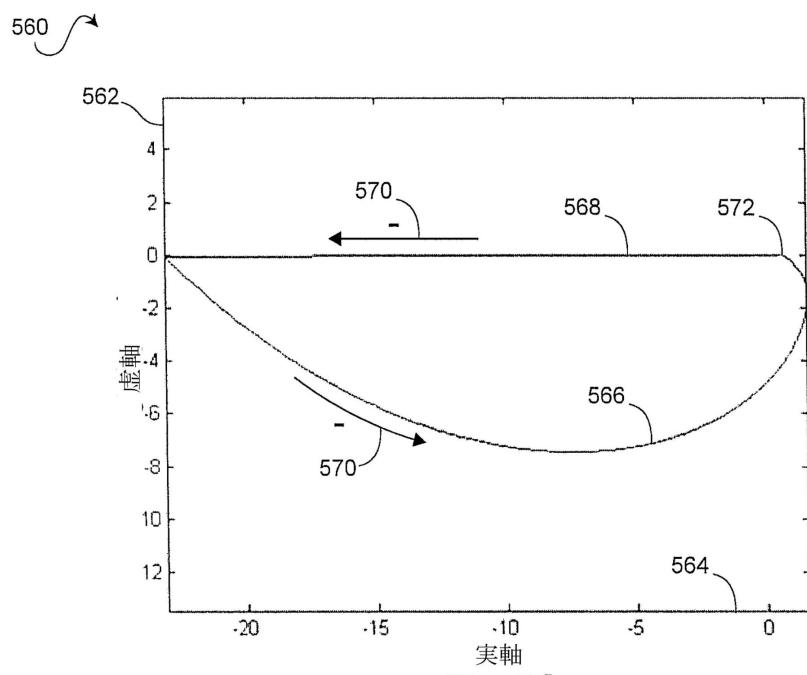


Fig. 5d

【図6】

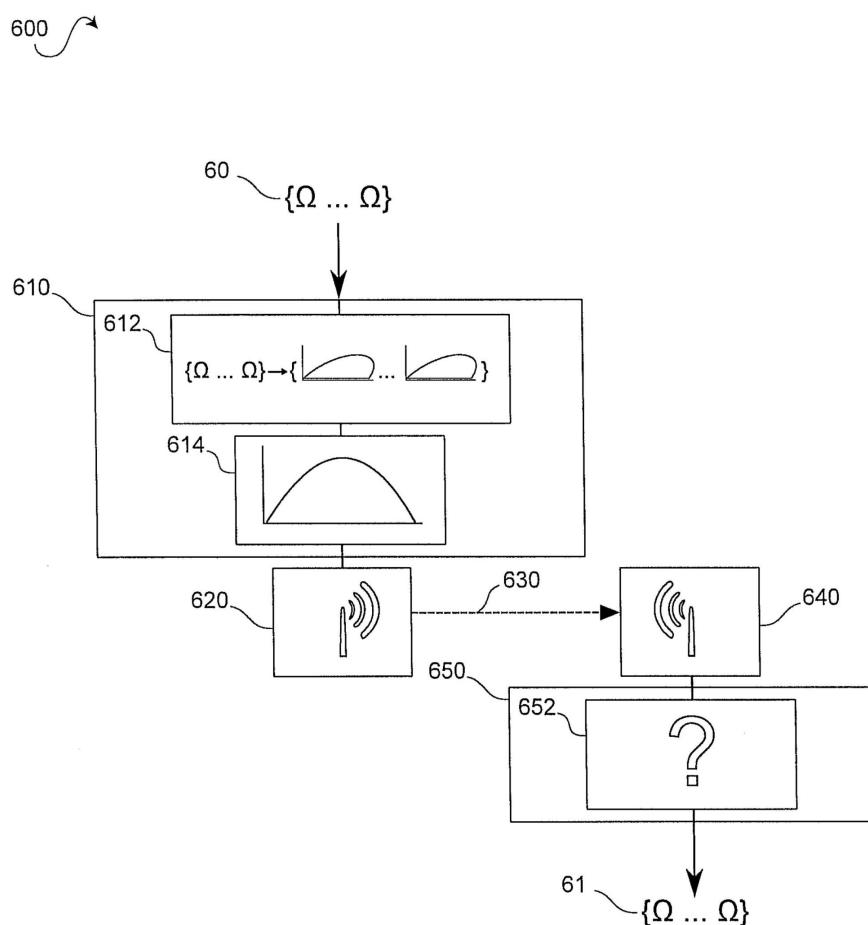


Fig. 6

【図7】

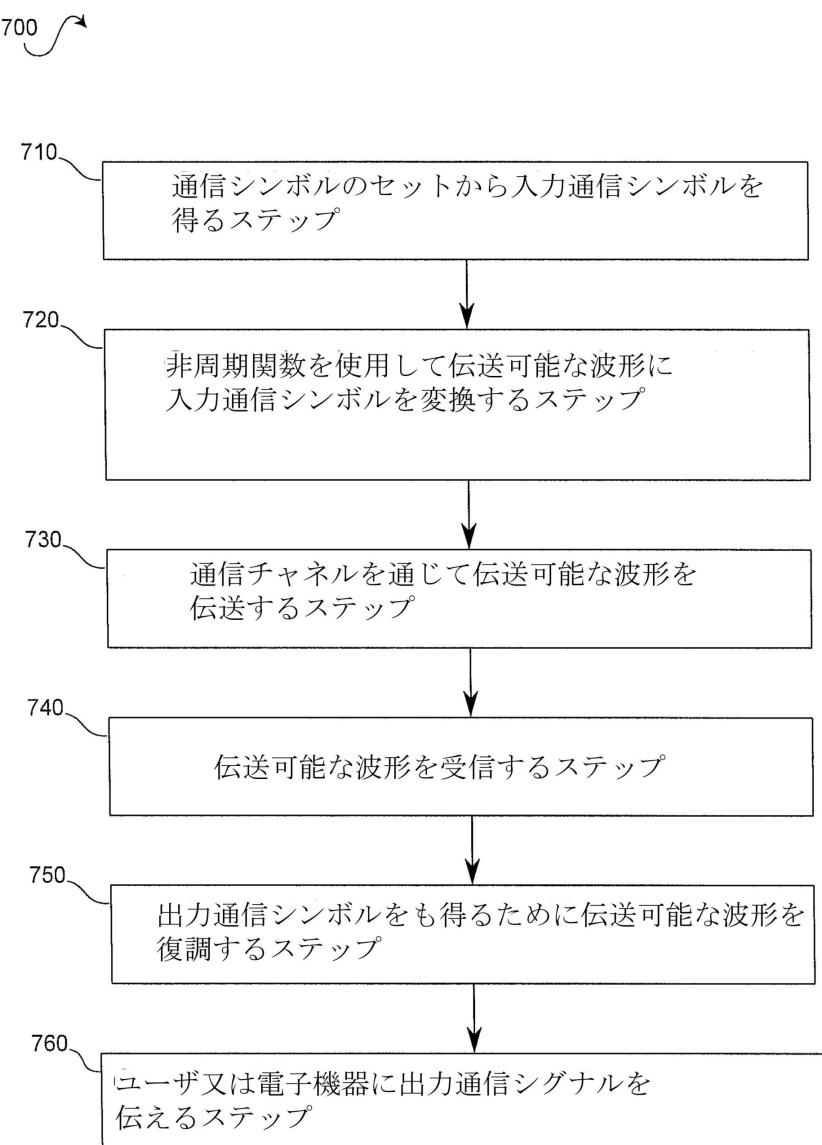


Fig. 7

フロントページの続き

(72)発明者 ジョーンズ, ナイジェル
アメリカ合衆国 メリーランド 21702, フレデリック, 10087 マッサー ロード

審査官 羽岡 さやか

(56)参考文献 米国特許出願公開第2003/0067990(US, A1)
米国特許出願公開第2008/0130714(US, A1)
米国特許出願公開第2002/0122505(US, A1)
米国特許出願公開第2011/0150048(US, A1)
特開平10-098497(JP, A)
特開平08-079320(JP, A)
国際公開第98/049812(WO, A1)
Amir Jafargholi et al., Novell Efficient Digital Modulation Technique, Communication Technology, 2006. ICCT '06. International Conference on, 2006年11月, P.1-3
Byung-Jae Kwak et al., Spiral QAM: A Novel Modulation Scheme Robust in the Presence of Phase Noise, Vehicular Technology Conference, 2008. VTC 2008-Fall. IEEE 68th, 2008年 9月, P.1-5
Igal Kvecher et al., An Analog Modulation Using a Spiral Mapping, Electrical and Electronics Engineers in Israel, 2006 IEEE 24th Convention of, 2006年11月, P.194-198

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 27/00 - 27/38