

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-519468

(P2017-519468A)

(43) 公表日 平成29年7月13日(2017.7.13)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
HO4L 7/04	(2006.01)	HO4L 7/04	100	5K047
HO4L 27/12	(2006.01)	HO4L 27/12	Z	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2017-517428 (P2017-517428)
 (86) (22) 出願日 平成27年6月9日 (2015.6.9)
 (85) 翻訳文提出日 平成28年12月13日 (2016.12.13)
 (86) 国際出願番号 PCT/GB2015/051669
 (87) 国際公開番号 W02015/189584
 (87) 国際公開日 平成27年12月17日 (2015.12.17)
 (31) 優先権主張番号 1410641.3
 (32) 優先日 平成26年6月13日 (2014.6.13)
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)
 (31) 優先権主張番号 1410713.0
 (32) 優先日 平成26年6月16日 (2014.6.16)
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)

(71) 出願人 513183153
 ノルディック セミコンダクタ アーエス
 アー
 Nordic Semiconductor
 ASA
 ノルウェー王国、エヌー7004 トロン
 ハイム、オットー ニールセンズ ヴェー
 グ 12
 (74) 代理人 110001807
 特許業務法人磯野国際特許商標事務所

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信

(57) 【要約】

無線送信機(4)は、一つ以上の可変長なメッセージビットを受信し、所定の第一バイナリチップシーケンスとして第一値を有する各メッセージのビットを符号化し、所定の第二バイナリチップシーケンスとして第一値を反転した値を有する各メッセージビットを符号化するように構成されたエンコーダ(5)を備える。無線送信機(4)は、各々が、(i)一つ以上繰り返される第一バイナリチップシーケンスを含む所定の同期化部分と、(ii)エンコーダから出力される一つ以上の符号化されたメッセージビットを含む可変長なデータ部分と、を含む複数のデータパケットを送信する。無線受信機(9)は、このようなデータパケットを受信し、受信したデータパケットの同期化部分を用いて周波数同期化および/またはタイミング同期化を実行し、その後、データパケットのデータ部分から複数のメッセージビットを復号する。

【選択図】 図1

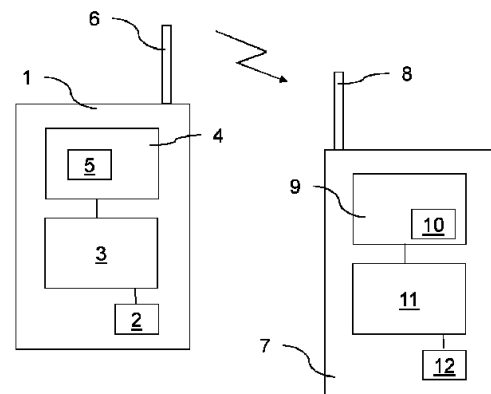


Figure 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一つ以上の可変長なメッセージビットを受信し、所定の第一バイナリチップシーケンスとして第一値を有する各メッセージビットを符号化し、所定の第二バイナリチップシーケンスとして前記第一値を反転した値を有する各メッセージビットを符号化するように構成されたエンコーダを備える無線送信機であって、

前記無線送信機は、各々が、(i)一つ以上繰り返される前記第一バイナリチップシーケンスを含む所定の同期化部分と、(ii)前記エンコーダから出力される一つ以上の符号化されたメッセージビットを含む可変長なデータ部分と、を含む複数のデータパケットを送信するように構成される

ことを特徴とする無線送信機。

10

【請求項 2】

前記同期化部分と可変長な前記データ部分をガウス周波数シフト・キーイング(GFSK)を用いて無線搬送波で変調するように構成される

ことを特徴とする、請求項 1 に記載の無線送信機。

【請求項 3】

前記 GFSK 変調は、ほぼ約 0.5 の変調指数を有する

ことを特徴とする、請求項 2 に記載の無線送信機。

【請求項 4】

前記第一バイナリチップシーケンスと前記第二バイナリチップシーケンスの一方または各々は、4 以上の偶数のビット長である

ことを特徴とする、請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の無線送信機。

20

【請求項 5】

前記第一バイナリチップシーケンスは、GFSK を用いて変調されるとき、位相中性である

ことを特徴とする、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の無線送信機。

【請求項 6】

前記第一バイナリチップシーケンスと前記第二バイナリチップシーケンスの一方または各々は、同数のゼロビットと 1 ビットから成る

ことを特徴とする、請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載の無線送信機。

30

【請求項 7】

前記第二バイナリチップシーケンスは、最初と最後のビット位置を除き前記第一バイナリチップシーケンスと同一であり、最初と最後のビット位置では異なる

ことを特徴とする、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかに記載の無線送信機。

【請求項 8】

前記第一バイナリチップシーケンスの最初と最後のビットは互いに異なる

ことを特徴とする、請求項 1 乃至請求項 7 のいずれかに記載の無線送信機。

【請求項 9】

前記第一バイナリチップシーケンスは、当該シーケンスにおけるゼロのビット数と 1 のビット数が同じであるとともに最初と最後のビットは互いに値が異なる必要があるという制約のもとに、所定の長さで起こり得る一連のバイナリシーケンスすべてに対して最大の自己相関性能を有する

ことを特徴とする、請求項 1 乃至請求項 8 のいずれかに記載の無線送信機。

40

【請求項 10】

前記第一バイナリチップシーケンスは、四回のシーケンス反復から成るパルス列と相関しているとき、ゼロ遅延ピーク振幅に対する最大サイドローブ振幅の比として決定される自己相関品質が 0.26 未満である

ことを特徴とする、請求項 1 乃至請求項 9 のいずれかに記載の無線送信機。

【請求項 11】

前記第一バイナリチップシーケンスは、16 チップのシーケンス [000110101

50

1 0 0 1 0 1 1]、その向きを逆にしたもの、そのビット単位補数、または、逆向きビット単位補数である

ことを特徴とする、請求項 1 乃至請求項 1 0 のいずれかに記載の無線送信機。

【請求項 1 2】

前記データパケットの所定の前記同期化部分は、前記第一バイナリチップシーケンスを二回以上 3 0 回前後以下繰り返したものを含む

ことを特徴とする、請求項 1 乃至請求項 1 1 のいずれかに記載の無線送信機。

【請求項 1 3】

前記データパケットの前記データ部分は、隙間なく前記同期化部分の後に続く

ことを特徴とする、請求項 1 乃至請求項 1 2 のいずれかに記載の無線送信機。

10

【請求項 1 4】

無線受信機であって、前記無線受信機は、

各々が、一つ以上繰り返される所定の第一バイナリチップシーケンスを含む所定の同期化部分と、第一値を有する各メッセージビットは前記第一バイナリチップシーケンスとして符号化されるとともに前記第一値を反転した値を有する各メッセージビットは所定の第二バイナリチップシーケンスとして符号化されている、一つ以上の符号化されたメッセージビットを含む可変長なデータ部分と、を含む複数のデータパケットを受信して、

前記データパケットの前記データ部分の復号に先だって、受信したデータパケットの前記同期化部分を用いて周波数同期化および/またはタイミング同期化を実行し、

前記データパケットの前記データ部分から複数のメッセージビットを復号するように構成される

20

ことを特徴とする無線受信機。

【請求項 1 5】

受信したデータパケットの前記データ部分を差動二位相シフト・キーイング (D B P S K) 復調器を使用して復調するように構成される

ことを特徴とする、請求項 1 4 に記載の無線受信機。

【請求項 1 6】

相関器を備え、前記相関器を用いて前記周波数同期化および/または前記タイミング同期化の動作を実行するように構成される

ことを特徴とする、請求項 1 4 または請求項 1 5 に記載の無線受信機。

30

【請求項 1 7】

前記相関器は、固定係数型相関器である

ことを特徴とする、請求項 1 6 に記載の無線受信機。

【請求項 1 8】

前記第一バイナリチップシーケンスの全体に対して相関させる第一モードと、前記第一バイナリチップシーケンスのサブシーケンスに対して相関させる第二モードとの二つのモードの間で切り替え可能な相関器を備える

ことを特徴とする、請求項 1 4 乃至請求項 1 7 のいずれかに記載の無線受信機。

【請求項 1 9】

受信したデータパケットの前記同期化部分を処理するために前記相関器を前記第一モードで利用し、前記データ部分から複数のメッセージビットを復号するために前記相関器を前記第二モードに切り替えるように構成される

ことを特徴とする、請求項 1 8 に記載の無線受信機。

40

【請求項 2 0】

前記サブシーケンスは、前記第一バイナリチップシーケンスと前記第二バイナリチップシーケンスが互いに同じ値を有する、記第一バイナリチップシーケンスの複数のビット位置によって定義される

ことを特徴とする、請求項 1 8 または請求項 1 9 に記載の無線受信機。

【請求項 2 1】

前記サブシーケンスは、前記第一バイナリチップシーケンスのうち最初と最後のビット

50

以外のすべてのビットから成る

ことを特徴とする、請求項 18 乃至請求項 20 のいずれかに記載の無線受信機。

【請求項 22】

前記相関器は、振幅情報を出力するように構成され、前記無線受信機は、この振幅情報を用いてシンボルタイミング同期化を実行するように構成される

ことを特徴とする、請求項 16 乃至請求項 21 のいずれかに記載の無線受信機。

【請求項 23】

前記相関器は、振幅情報を出力するように構成され、前記無線受信機は、この振幅情報を用いて初期周波数同期化を実行するように構成される

ことを特徴とする、請求項 16 乃至請求項 22 のいずれかに記載の無線受信機。

10

【請求項 24】

前記相関器からの位相情報を用いて周波数ドリフト追跡を継続的に実行し、受信した信号の周波数がドリフトした場合、適切な調整または補償を行なうように構成される

ことを特徴とする、請求項 16 乃至請求項 23 のいずれかに記載の無線受信機。

【請求項 25】

前記相関器を使用して、受信したデータパケットの前記データ部分のサブシーケンスが前記データ部分の直前のサブシーケンスに対してほぼ 0 またはほぼ の位相変化を有するかどうかを判定するとともに、この位相変化を表す前記相関器からの信号を用いて複数の前記メッセージビットを判定するように構成される

ことを特徴とする、請求項 16 乃至請求項 24 のいずれかに記載の無線受信機。

20

【請求項 26】

無線送信機と無線受信機とを備える無線通信システムであって、

前記無線送信機は、

一つ以上の可変長なメッセージビットを受け取って、第一値を有する各メッセージビットを所定の第一バイナリチップシーケンスとして符号化するとともに、前記第一値を反転した値を有する各メッセージビットを所定の第二バイナリチップシーケンスとして符号化するように構成されたエンコーダを備え、

各々が、(i) 一つ以上繰り返される前記第一バイナリチップシーケンスを含む所定の同期化部分と、(ii) 前記エンコーダから出力される一つ以上の符号化されたメッセージビットを含む可変長なデータ部分と、を含む複数のデータパケットを送信するように構成されるとともに、

30

前記無線受信機は、

無線送信機から送信された前記複数のデータパケットを受信し、

受信したデータパケットの前記同期化部分を用いて、前記データパケットの前記データ部分の復号に先だて、周波数同期化および/またはタイミング同期化を実行し、

前記データパケットの前記データ部分から複数のメッセージビットを復号するように構成される

ことを特徴とする無線通信システム。

【請求項 27】

無線通信の方法であって、前記方法は、

40

(i) 一つ以上繰り返される第一バイナリチップシーケンスを含む所定の同期化部分と、(ii) 第一値を有する各メッセージビットは所定の第一バイナリチップシーケンスとして符号化されるとともに前記第一値を反転した値を有する各メッセージビットは所定の第二バイナリチップシーケンスとして符号化されている、一つ以上の符号化されたメッセージビットを含むデータ部分と、を含むデータパケットを無線で送信することと、

前記データパケットを受信することと、

受信した前記データパケットの前記同期化部分を用いて周波数同期化および/またはタイミング同期化を実行することと、

受信した前記データパケットの前記データ部分から前記一つ以上の符号化されたメッセージビットを復号することと、を含む

50

ことを特徴とする、無線通信の方法。

【請求項 28】

受信信号をバイナリチップシーケンスと関連させるように設定された第一モードと、受信信号を前記バイナリチップシーケンスから得られるより短いサブシーケンスと関連させるように設定された第二モードとの間で切り替え可能な固定係数型関連器を備える無線受信機であって、

前記関連器は、第二モードにおいて、受信信号内で二回連続して発生するサブシーケンス同士の間位の位相シフトを表す信号を出力するように構成される

ことを特徴とする無線受信機。

【請求項 29】

受信信号内で二回連続して発生するサブシーケンス同士の間位の位相シフトを表す信号を用いて受信したデータパケットのデータ部分からメッセージデータを復号するように構成される

ことを特徴とする、請求項 28 に記載の無線受信機。

【請求項 30】

受信したデータパケットの前記データ部分を差動二位相シフト・キーイング (DBPSK) 復調器を使用して復調するように構成される

ことを特徴とする、請求項 28 または請求項 29 に記載の無線受信機。

【請求項 31】

関連器を備え、前記関連器を用いて前記周波数同期化および / または前記タイミング同期化の動作を実行するように構成される

ことを特徴とする、請求項 28 乃至請求項 30 のいずれかに記載の無線受信機。

【請求項 32】

受信したデータパケットの前記同期化部分を処理するために前記関連器を前記第一モードで利用し、前記データ部分から複数のメッセージビットを復号するために前記関連器を前記第二モードに切り替えるように構成される

ことを特徴とする、請求項 28 乃至請求項 31 のいずれかに記載の無線受信機。

【請求項 33】

前記サブシーケンスは、前記第一バイナリチップシーケンスのうち最初と最後のビット以外のすべてのビットから成る

ことを特徴とする、請求項 28 乃至請求項 32 のいずれかに記載の無線受信機。

【請求項 34】

前記関連器は、振幅情報を出力するように構成され、前記無線受信機は、この振幅情報を用いてシンボルタイミング同期化を実行するように構成される

ことを特徴とする、請求項 28 乃至請求項 33 のいずれかに記載の無線受信機。

【請求項 35】

前記関連器は、振幅情報を出力するように構成され、前記無線受信機は、この振幅情報を用いて初期周波数同期化を実行するように構成される

ことを特徴とする、請求項 28 乃至請求項 34 のいずれかに記載の無線受信機。

【請求項 36】

前記関連器からの位相情報を用いて周波数ドリフト追跡を継続的に実行し、受信した信号の周波数がドリフトした場合、適切な調整または補償を行なうように構成される

ことを特徴とする、請求項 28 乃至請求項 35 のいずれかに記載の無線受信機。

【請求項 37】

前記関連器を使用して、受信したデータパケットの前記データ部分のサブシーケンスが前記データ部分の直前のサブシーケンスに対してほぼ 0 またはほぼ 1 の位相変化を有するかどうかを判定するとともに、この位相変化を表す前記関連器からの信号を用いて複数の前記メッセージビットを判定するように構成される

ことを特徴とする、請求項 28 乃至請求項 36 のいずれかに記載の無線受信機。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、バイナリ・データを通信する無線送信機および無線受信機に関する。

【背景技術】

【0002】

バイナリのメッセージデータを送信するものとして、各種の無線通信システムが知られている。例として、ブルートゥース（登録商標）およびブルートゥース低エネルギーが挙げられる。無線受信機にとっては、受信したデータパケットからタイミング同期化を迅速かつ正確に決定することによって、当該メッセージデータを確実に復号できることが重要である。送信機と受信機の両方が予め知っている所定の同期化シーケンスを各データパケットの先頭近くに含めることは、よく知られている。当該受信機は、この手法を使って、周波数同期化、位相同期化、シンボルタイミング推定、および自動利得制御（AGC）のトレーニングなどの操作を実行した後に、ペイロードメッセージデータを復号する。

10

【0003】

受信した無線信号が（送信機と受信機との間にかかなりの距離がある等の理由で）弱いと、当該受信機が正確な同期化を得ることはより困難になりかねない。これを緩和しようとすると、当該無線受信機において大幅に複雑さが増すことにもなりかねない。本発明は、信号レベルが低くても優れた性能を有する、特に効率的な無線受信機の設計を容易にする新規のアプローチを提供することを目的とするものである。

【発明の概要】

20

【0004】

第一の態様から見ると、本発明は、一つ以上の可変長なメッセージビットを受信し、所定の第一バイナリチップシーケンスとして第一値を有する各メッセージビットを符号化し、所定の第二バイナリチップシーケンスとして前記第一値を反転した値を有する各メッセージビットを符号化するように構成されたエンコーダを備える無線送信機を提供するものであって、

前記無線送信機は、各々が、(i)一つ以上繰り返される前記第一バイナリチップシーケンスを含む所定の同期化部分と、(ii)前記エンコーダから出力される一つ以上の符号化されたメッセージビットを含む可変長なデータ部分と、を含む複数のデータパケットを送信するように構成される。

30

【0005】

第二の態様から見ると、本発明は無線受信機を提供するものであって、

前記無線受信機は、

各々が、一つ以上繰り返される所定の第一バイナリチップシーケンスを含む所定の同期化部分と、第一値を有する各メッセージビットは前記第一バイナリチップシーケンスとして符号化されるとともに前記第一値を反転した値を有する各メッセージビットは所定の第二バイナリチップシーケンスとして符号化されている、一つ以上の符号化されたメッセージビットを含む可変長なデータ部分と、を含む複数のデータパケットを受信して、

前記データパケットの前記データ部分の復号に先だて、受信したデータパケットの前記同期化部分を用いて周波数同期化および/またはタイミング同期化を実行し、

40

前記データパケットの前記データ部分から複数のメッセージビットを復号するように構成される。

【0006】

第三の態様から見ると、本発明は、無線送信機と無線受信機とを備える無線通信システムを提供するものであって、

前記無線送信機は、

一つ以上の可変長なメッセージビットを受け取って、第一値を有する各メッセージビットを所定の第一バイナリチップシーケンスとして符号化するとともに、前記第一値を反転した値を有する各メッセージビットを所定の第二バイナリチップシーケンスとして符号化するように構成されたエンコーダを備え、

50

各々が、(i)一つ以上繰り返される前記第一バイナリチップシーケンスを含む所定の同期化部分と、(ii)前記エンコーダから出力される一つ以上の符号化されたメッセージビットを含む可変長なデータ部分と、を含む複数のデータパケットを送信するように構成されるとともに、

前記無線受信機は、

無線送信機から送信された前記複数のデータパケットを受信し、

受信したデータパケットの前記同期化部分を用いて、前記データパケットの前記データ部分の復号に先だて、周波数同期化および/またはタイミング同期化を実行し、

前記データパケットの前記データ部分から複数のメッセージビットを復号するように構成される。

10

【0007】

第四の態様から見ると、本発明は無線通信の方法を提供するものであって、前記方法は、

(i)一つ以上繰り返される第一バイナリチップシーケンスを含む所定の同期化部分と、(ii)第一値を有する各メッセージビットは所定の第一バイナリチップシーケンスとして符号化されるとともに前記第一値を反転した値を有する各メッセージビットは所定の第二バイナリチップシーケンスとして符号化されている、一つ以上の符号化されたメッセージビットを含むデータ部分と、を含むデータパケットを無線で送信することと、

前記データパケットを受信することと、

受信した前記データパケットの前記同期化部分を用いて周波数同期化および/またはタイミング同期化を実行することと、

20

受信した前記データパケットの前記データ部分から前記一つ以上の符号化されたメッセージビットを復号することと、を含む。

【0008】

したがって、同じバイナリチップシーケンスが、同期化のためとデータ符号化のための両方に用いられることが理解できるであろう。こうすれば、無線受信機内の回路の大部分を両方の目的のために共有できるので、特に効率的に前記無線受信機を設計することが可能になる。具体的には、以下でより詳細に説明するように、前記受信機は、固定係数型相関器を使用することによって両方の動作を行なうことができる。

【0009】

いくつかの実施形態では、前記同期化部分と可変長な前記データ部分は、周波数シフト・キーイング(FSK)、好ましくはガウスFSK(GFSK)、より好ましくは二段階GFSKを用いて無線搬送波で変調される。GFSK変調が用いられる場合、変調指数はほぼ0.5(好ましくは0.5の約20%以内、または、より好ましくは、例えば、約0.45と0.55との間のように0.5の約10%以内)であると好ましい。いくつかの実施形態では、前記無線受信機は、受信した前記データ部分を差動二位相シフト・キーイング(DBPSK)復調器を使用して復調するように構成してもよい。第一バイナリチップシーケンスおよび第二バイナリチップシーケンスが適切なものであるためにGFSKを用いて変調された送信信号は、DBPSK信号の品質を有することができるので、この構成はあり得る。以下でより詳細に説明するように、特に、シーケンスが適切なものであるために、前記受信機は、前記データ部分内の連続するシーケンスの部分の間の位相差に基づいてデータを復号することができる。

30

40

【0010】

前記無線搬送波の周波数は、所定の周波数ホッピングシーケンスに従って、連続するデータパケット間で変化してもよい。前記無線送信機および/または前記無線受信機は、物理層、および、必要に応じて、2010年6月30日に発表されたブルトウスコア仕様4.0、またはそれ以降のバージョンの「ブルトウス低エネルギー物理層仕様」セクションなどのブルトウス仕様で定義された他の層を用いて通信するように構成してもよい。

【0011】

50

前記第一バイナリチップシーケンスは、任意の長さであってもよいが、4以上の偶数のビット長であると好ましい。例えば、4、8、16、24、32、48、64、またはそれ以上のビット長であればよい。いくつかの好ましい実施形態では、16ビット長である。同じことは、前記第二バイナリチップシーケンスにもあてはまる。前記第一バイナリチップシーケンスおよび前記第二バイナリチップシーケンスは、互いに同じ長さであると好ましい。

【0012】

前記第一バイナリチップシーケンスは、GFSKを用いて変調される時、位相中性である、すなわち、前記第一バイナリチップシーケンスで変調された搬送信号の位相が前記第一バイナリチップシーケンスの始めと終わりで実質的に同じであると好ましい。前記第二バイナリチップシーケンスも、位相中性であると好ましい。このようにすれば、各チップシーケンスの最後に一定の位相が存在すると仮定することができるので、前記無線受信機は、前記データ部分の第一バイナリチップシーケンスおよび第二バイナリチップシーケンスをより簡単に特定することができ好都合である。また、前記無線受信機における自動周波数制御をより優れたものにもできる。

10

【0013】

前記第一バイナリチップシーケンスは、同数のゼロビットと1ビットから成ることが好ましい。前記第二バイナリチップシーケンスも、同数のゼロビットと1ビットで構成されると好ましい。こうすれば、GFSK変調を用いるとき、変調誤差が発生しても、一つのシーケンスが終了するとその誤差は自動的に打ち消されるので、前記無線受信機内で推定したり追跡したりする必要がないということの意味することになり好都合である。

20

【0014】

前記第二バイナリチップシーケンスは、予め異なって設定された若干の数のビット位置を除き、前記第一バイナリチップシーケンスに等しいと好ましい。この数は、前記第一バイナリチップシーケンスの長さの半分未満であると好ましい。また、偶数であると好ましい。いくつかの好ましい実施形態において、前記第一バイナリチップシーケンスおよび前記第二バイナリチップシーケンスは、ちょうど二つのビット位置で異なりこれらが最初と最後のビット位置であると好ましい。こうすれば、以下でより詳細に説明するように、前記無線受信機において関連器を効率的に使用することができる。

30

【0015】

前記第二バイナリチップシーケンスは、少なくとも最初と最後のビット位置において前記第一バイナリチップシーケンスとは異なる好ましい。特に好ましい実施形態では、前記第一バイナリチップシーケンスと前記第二バイナリチップシーケンスとは、最初と最後のビット位置を除き互いに同一であり、最初と最後のビット位置では異なる。前記第一バイナリチップシーケンスは、最初と最後のビット位置において異なるバイナリ値を有する（したがって、最初と最後のビット位置において前記第一バイナリチップシーケンスと前記第二バイナリチップシーケンスが異なる実施形態では、前記第二バイナリチップシーケンスも同様）であると好ましい。こうすれば、前記データ部分における最後のチップシーケンスは、二つのメッセージビットが互いに同じである（二つのメッセージビットが「11」または「00」となる）ときは必ず直後のシーケンスにおける最初のチップシーケンスとは異なる値を有し、二つのメッセージビットが異なる（二つのメッセージビットが「10」または「01」である）ときは必ず直後のシーケンスにおける最初のチップシーケンスと同じ値を有することを保証する。こうすれば、変調指数が約0.5のGFSK変調を用いるとき、隣接するシーケンスの中央部分同士で（すなわち、最初と最後のビット位置を除くシーケンス全体に対して）ほぼ0またはほぼπの位相シフトを生じさせる。この理由は、シーケンスのビット「1」ごとに $+\pi/2$ の位相シフトが発生するし、ビット「0」ごとに $-\pi/2$ の位相シフトが発生するからである。隣接するシーケンス同士間で位相シフトの有無は、内在する複数のメッセージビットの値によって決まる。こうすれば、前記無線受信機は、単に受信したパケットの前記データ部分内の連続する複数のチップシーケンス間のすべての位相シフトを決定することによって、複数のメッセージビットを復

40

50

号することができる。位相シフトがなければ同一メッセージビットの繰り返しであることを示すし、位相シフトがあればメッセージビットが変化したことを示す。前記無線受信機は、この位相変化情報を用いて内在するメッセージデータを復号化することができる。一番初めのメッセージビットが「0」または「1」として復号されるべきかどうかは、同期化部分の最初のメッセージチップシーケンスと最後のメッセージチップシーケンスとの間に位相変化があるかどうかに基づいて決定することができる。あるいは、いくつかの実施形態では、前記メッセージデータは、前記無線送信機によって送信される前に、既に位相変化により符号化されてもよい。この場合、元のデータは、位相変化デコーダを前記無線受信機に対して使用することにより直接決定することができる。

【0016】

GFSK変調指数が正確に0.5でない場合にも同じアプローチを利用できるが、位相シフトは、ほぼ0か（前記変調指数が0.5からどれだけ離れているかに応じて）からさらにずれた値となるかのいずれかである。

【0017】

前記第一バイナリチップシーケンスは、当該シーケンスにおけるゼロのビット数と1のビット数が同じであるとともに最初と最後のビットは互いに値が異なる必要があるという制約を受け、起こり得る所定の長さのシーケンスすべてに対して最大の自己相関性能を有すると好ましい。こうすれば、前記無線受信機は、受信した同期化部分に相関演算を行なうことによって、信頼できる同期化タイミングを実行することができ、また、確実に複数のメッセージビットを復号化することができる。この特性を有しないシーケンスであっても、依然として有用であり得る。いくつかの実施形態では、潜在的には、本明細書の他の場所に記載された追加の制約のうち任意の一つ以上の制約のもとに、0.3未満、好ましくは0.28未満、さらに好ましくは0.26未満の自己相関品質を有する任意のシーケンスを前記第一バイナリチップシーケンスとして用いてもよく、この場合に、シーケンスの前記自己相関品質は、四つのシーケンスの繰り返しからなるパルス列と前記シーケンスが相関しているとき、ゼロ遅延ピーク振幅に対する最大サイドローブ振幅の比として決定される。

【0018】

16チップシーケンス[0001101011001011]、そのビット単位補数、逆向きシーケンス、および、逆向きビット単位補数は、前記第一バイナリチップシーケンスとして用いられると、特に優れた性能を発揮することが見出されている。特に好ましい実施形態は、これらのシーケンスのいずれかを用いる。すると、第二バイナリチップシーケンスは、第一バイナリチップシーケンスの最初と最後のビットを反転させたもの、すなわち、（それぞれ）[1001101011001010]、そのビット単位補数、逆向きシーケンス、または、逆向きビット単位補数とすることができる。

【0019】

前記データパケットの所定の前記同期化部分は、一回または二回以上30回前後以下、より好ましくは5回以上30回前後以下繰り返される前記第一バイナリチップシーケンスを含むと好ましい。いくつかの実施形態では、正確に、または、ほぼ15回の繰り返しを含む。この値は、（i）信頼できる同期化を可能にし、前記データ部分が到着する前に前記無線受信機のドリフト補正を解決させるのに十分な繰り返し回数を有することと、（ii）前記無線送信機の消費電力を削減するために前記データパケットをできるだけ短く保つこととの間の特に優れたトレードオフであるとみなされている。前記同期化部分内のシーケンス繰り返しは、隙間なく次からすぐ次に続くと好ましい。前記データ部分は、隙間なく前記同期化部分の後に続くと好ましい。前記無線受信機は、少なくとも前記同期化部分ごとにドリフト追跡を実行するように構成されると好ましい。前記同期化部分と前記データ部分を双方の間に実質的に隙間なく同一のデータパケット内に含めることによって、双方の部分間で位相情報の損失が発生せず、全データパケットにわたって特に効率的なドリフト追跡ができるようになる。

【0020】

10

20

30

40

50

前記無線受信機は、相関器を備えると好ましい。前記無線受信機は、周波数同期化および/またはタイミング同期化の動作を実行するときに、前記相関器を使用するように構成されると好ましい。前記無線受信機は、例えば、自動周波数制御(AFC)ループの一部として、前記相関器の出力を周波数ランプの追跡用として用いてもよい。前記相関器は、固定係数型相関器であると好ましい。このタイプが望ましいのは、比較的少数のゲートを有する素子で実現することができるからである。同じ相関器を同期化のためとデータ相関のために再利用することによって、無線受信機の設置面積を小さくすること、および、複雑さを軽減することにつながる。前記相関器は、受信信号を前記第一バイナリチップシーケンス、および/または、そのサブシーケンスと相関させるように構成してもよい。いくつかの実施形態において、前記同期化部分処理するとき、受信信号を前記第一バイナリチップシーケンスの二つ以上のコピーを組み合わせたものと相関させるように構成してもよい。例えば、それは、相関器は32ビットのものであって、受信した前記同期化部分を16ビットの第一バイナリチップシーケンスを次々に二つコピーしたもとのから成る32ビットパターンと相関させるように構成してもよい。このような32ビットの相関器は、16ビットの相関器の出力に適切な処理を施すことによってシミュレートすることができる。このような倍長相関器は、前記受信信号の前記データ部分処理するとき、前記受信信号を前記第一バイナリチップシーケンス、または、そのサブシーケンスの一回分に対して相関させるよう戻せるように構成されると好ましい。

10

【0021】

前記相関器は、受信信号を前記第一バイナリチップシーケンスのサブシーケンスと相関させることができるように設けられると好ましい。前記相関器は、前記第一バイナリチップシーケンスの全体に対して相関させる第一モードと、前記第一バイナリチップシーケンスのサブシーケンスに対して相関させる第二モードとの二つのモードの間で切り替え可能であってもよい。前記サブシーケンスは、前記第一バイナリチップシーケンスと前記第二バイナリチップシーケンスが同じ値を有する複数のビット位置によって定義されると好ましい。前記サブシーケンスは、前記第一バイナリチップシーケンスから連続する、複数のビットからなるシーケンスであると好ましい。例えば、前記第一バイナリチップシーケンスが16ビットのシーケンスであるとともに前記第二バイナリチップシーケンスが最初と最後のビット位置でだけ前記第一バイナリチップシーケンスと異なる場合、前記相関器は、前記第一モードであるときに両シーケンスの中間の14ビットだけに相関させればよい。前記無線受信機は、受信したデータパケットの前記同期化部分処理するとき前記第一モードを利用し、前記データ部分から複数のメッセージビットを復号するとき前記相関器を前記第二モードに切り替えてもよい。

20

30

【0022】

この着想はそれ自体で新規性があり、別の態様から見ると、本発明は、受信信号をバイナリチップシーケンスと相関させるように設定された第一モードと、受信信号を前記バイナリチップシーケンスから得られるより短いサブシーケンスと相関させるように設定された第二モードとの間で切り替え可能な固定係数型相関器を備える無線受信機を提供するものであって、前記相関器は、第二モードにおいて、受信信号内で二回連続して発生するサブシーケンス同士の間位相シフトを表す信号を出力するように設定される。前記無線受信機は、前記相関器からの前記出力を用いて受信信号からメッセージデータを復号するように構成することができる。前出した複数の態様と実施形態の特徴は、この態様の複数の実施形態の特徴であってもよい。

40

【0023】

前記相関器は、振幅情報出力するように構成されると好ましい。前記無線受信機は、この振幅情報を用いてシンボルタイミング同期化を実行することができる。また、前記相関器は、位相情報出力するように構成されると好ましい。前記無線受信機は、この位相情報を用いて初期周波数同期化を実行するように構成されると好ましい。また、前記無線受信機は、この位相情報を用いて周波数ドリフト追跡を継続的に実行し、周波数がドリフトした場合、適切な調整または補償を行なうように構成することができる。このような構

50

成は、周波数ドリフトがなければ位相は各シーケンス後に常にゼロに戻るはずなので、好ましい実施形態のように、前記第一バイナリチップシーケンスおよび前記第二バイナリチップシーケンスが位相中性であるとき、特に分かりやすい。

【0024】

前記無線受信機は、前記関連器を使用して、受信したデータパケットの前記データ部分のサブシーケンスが前記データ部分の直前のサブシーケンスに対してほぼ0またはほぼ0の位相変化を有するかどうかを判定するように設定されると好ましい。前記関連器は、この位相変化を表し前記無線受信機が用いて複数の前記メッセージビットを判定するのに適した信号を出力すると好ましい。

【0025】

別の方法として、本明細書のいずれかの態様の実施形態において、前記無線受信機は、受信信号を前記データ部分および前記同期化部分の双方を代表する、より短いサブシーケンスと関連させる固定係数型関連器を備えてもよい。前記関連器は、前記第一バイナリチップシーケンスが前記第二バイナリチップシーケンスと異なるすべてのビット位置を無視し、その代わりに、前記第一バイナリチップシーケンスが前記第二バイナリチップシーケンスと一致する位置に関連させるように構成してもよい。このようにすると、同期化性能はより低くなってしまふかもしれないが、前記無線受信機のサイズおよび複雑さを減少させることになる。このような関連器は、前記データ部分のサブシーケンスが前記データ部分の直前のサブシーケンスに対してほぼ0または0の位相変化を有するかどうかを判定するとともに、この位相変化を表し前記無線受信機が用いて複数の前記メッセージビットを判定することができる信号を出力すると好ましい。

【0026】

前記データパケットの前記データ部分は、アドレス情報、データペイロード、エラー訂正情報などのうち任意の一つ以上のような、任意の適切な情報を含んでもよい。複数のデータパケットは、所定のスケジュールで、または、不規則に送信されたり受信されたりしてもよい。

【0027】

本発明のいくつかの実施形態において、前記同期化部分、および前記データ部分の「1」のビット（または、同様に「0」のビット）は、下の表1（またはビット単位の補数、および/または、これらの項目のうちの一つを後ろから前に逆向きにしたもの）から取った任意の16ビットパターンを用いると好ましい。前記データ部分の反対のビット値は、同一のシーケンスとして、しかし、最初と最後のビット値は反転して表すことができる。

【0028】

この表1は、可能な16ビットのシーケンスを自己相関品質の高い順に示したもので、あるシーケンスの品質値は、前記シーケンスが四つのシーケンスの繰り返しから成るパルス列と相関しているとき、ゼロ遅延ピーク振幅に対する最大サイドローブ振幅の比である（シミュレーションによって決定される）。表1の最上部に近いシーケンスが好ましいが、これらのシーケンスのいずれか、または他のシーケンスが、本発明の実施形態で用いられれば依然として優位性がある。

【0029】

[表1]

10

20

30

40

パターン (16ビット相関器用)	品質
[0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0 1 1]	0.250266
[0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1]	0.250924
[0 1 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 1]	0.251075
[1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 0 1 0]	0.252291
[1 0 1 0 0 1 1 1 0 0 1 0 1 1 0 0]	0.252481
[1 1 0 1 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 0 0]	0.252488
[1 1 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0]	0.252488
[1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0]	0.252488
[1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0]	0.252821
[1 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0]	0.252821
[0 0 1 0 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1]	0.253584
[0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 1 1 0 1 0 0 1]	0.253801
[0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 1 1 0 1]	0.253849
[0 0 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 1]	0.254011

10

【0030】

20

いくつかの実施形態において、無線受信機は、16ビットの前記第一バイナリチップシーケンスのコピーを二つ前後に並べたものと相関させることによって、受信したデータパケットの前記同期化部分に32ビットの相関演算を行なうことができる。このような相関器は、前記同期化部分で発生する、16ビットシーケンスが繰り返されたペアをその都度マッチさせることになる。このような実施形態のシミュレーションで最適な自己相関を示す16ビットシーケンスは、16ビット相関器が使用される場合とは異なることが判明している。これらは、以下の表2に示されている。

【0031】

30

32ビットの相関演算が行われる場合、前記同期化部分、および前記データ部分の「1」のビット（または、同様に「0」のビット）は、下の表2から取られた任意の16ビットパターン（またはビット単位の補数、および/または、これらの項目のうちの一つを後ろから前に逆向きにしたもの）で表すことができる。前記データ部分の反対のビット値は、同一のシーケンスとして、しかし、最初と最後のビット値は反転して表すことができる。前記品質値は、上記と同じ定義に基づいている。

【0032】

[表2]

パターン (32ビット相関器用)	品質
[1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 1 0 1 0 0]	0.232281
[1 1 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1 0]	0.232607
[1 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0]	0.246238
[1 0 1 0 0 1 1 1 0 0 1 0 1 1 0 0]	0.248749
[0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1]	0.250661
[0 1 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 1]	0.250678
[0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0 1 1]	0.251603
[0 1 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1]	0.252833
[1 1 0 1 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 0 0]	0.252869
[0 0 1 0 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1]	0.253260
[0 0 1 0 1 0 0 1 1 1 0 0 1 0 1 1]	0.253473
[0 0 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 1]	0.254259
[0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 0 1 0 1]	0.254626
[1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 1 0 1 0 0]	0.232281

10

【0033】

20

前記無線送信機は、完全にまたは実質的に集積回路として実装されてもよい。前記無線送信機は、マイクロコントローラまたは他のプロセッサを備えるか、または、そのいずれかと通信するように構成されてもよい。前記無線送信機は、マイクロコントローラ、プロセッサ、または他の論理デバイスからメッセージデータを受け取り、前記メッセージデータを無線で送信するように構成することができる。前記無線受信機は、完全にまたは実質的に集積回路として実装されてもよい。前記無線受信機は、マイクロコントローラまたは他のプロセッサを備えるか、または、そのいずれかと通信するように構成されてもよい。前記無線受信機は、受信した一つ以上の前記データパケットからメッセージデータを復号し、前記メッセージデータをマイクロコントローラ、プロセッサ、または他の論理デバイスへ出力するように構成することができる。いくつかの実施形態では、前記無線送信機は、例えば、ボタン、キーボード、タッチスクリーン、または他のセンサなどの入力源を備えるか、または、その入力源に通信可能に接続される。いくつかの実施形態では、前記無線受信機は、例えば、ディスプレイ、スピーカ、または表示灯などの出力器を備えるか、または、その出力器に通信可能に接続される。

30

【0034】

本明細書に記載された任意の態様または実施形態の複数の特徴は、適切でありさえすれば、本明細書に記載された他の任意の態様または実施形態にも適用することができる。異なる実施形態または一連の実施形態に言及する場合、これらが必ずしも別個ではなく、重複してもよいことを理解すべきである。

【図面の簡単な説明】

40

【0035】

次に、本発明の特定の好ましい実施形態について、添付図面を参照しながら、単なる例として、説明する。

【図1】本発明を具体化する無線通信システムの概略図である。

【図2】無線通信システムによって送受信されるデータパケットの図である。

【図3】本発明を具体化する無線送信機の一部の概略図である。

【図4】二つの異なるチップシーケンスについて時間に対する位相のプロットである。

【図5】本発明を具体化する無線受信機の一部の概略図である。

【図6】この無線受信機の状態図である。

【発明を実施するための形態】

50

【0036】

図1は、携帯電話7と通信しているワイヤレス心拍数モニタ1を示している。両方の装置は、本発明を具体化している。

【0037】

ワイヤレス心拍数モニタ1は、(ARM(登録商標)のCortex Mシリーズなどの)マイクロプロセッサ3に接続された心拍数センサ2を有している。マイクロプロセッサ3は、無線送信機4に接続されている。無線送信機4は、(他の構成要素と共に存在する)エンコーダ5を備える。メモリやバッテリー等の他の通常の構成要素も存在するが、簡略化のために図面から省略されている。マイクロプロセッサ3と無線送信機4は、単一のシリコンチップ上に統合されていてもよい。ワイヤレス心拍数モニタ1は、無線アンテナ6を有しており、それは該シリコンチップ上に統合されていてもいなくてもよい。

10

【0038】

携帯電話7は、他の通常の構成要素(図示せず)と共に、無線受信機9に接続されたワイヤレス・パーソナルエリアネットワーク装置からの近距離無線通信を受信するのに適したアンテナ8を有している。無線受信機9は、(他の構成要素と共に)固定係数型相関器10を備えている。無線受信機9は、(例えば、ARM Cortex Mシリーズなどの)マイクロプロセッサ11に接続されており、マイクロプロセッサ11は、オペレーティングシステムおよび適切なソフトウェアアプリケーションを実行している別のマイクロプロセッサ(図示せず)などの他のコンポーネントをおそらく介して、表示用データをスクリーン12上に出力することができる。

20

【0039】

使用時には、ワイヤレス心拍数モニタ1は、人間ユーザの周期的な心拍数測定値を心拍センサ2から受信する。マイクロプロセッサ3は、該測定値を送信に適したフォーマットに加工し、そのメッセージデータを無線送信機4に送信する。いくつかの実施形態において、該メッセージデータは、無線受信機9での復号化作業の効率を向上させるために、既に位相変化で符号化されていてもよい。無線送信機4は、該メッセージデータが単一データパケット内に収まるかどうか、または二つ以上のデータパケットにまたがって分割する必要があるかどうかを判定する。いずれの場合においても、無線送信機4は、該メッセージデータを、任意の他の関連データと共に、データ部分に集める。無線送信機4内のエンコーダ5は、該メッセージデータを含む該データ部分を符号化し、「1」の各ビットが16ビットシーケンス[0001101011001011]で表されるとともに「0」の各ビットがシーケンス[1001101011001010]で表される(またはその逆)ペイロードを作成する。エンコーダ5は、第一シーケンス[0001101011001011]を15回反復したもものからなるペイロードの先頭に同期化ワードを追加する。(例えば、8チップの)固定プリアンプルが同期化ワードの前に含まれてもよい。

30

【0040】

無線送信機4は、次いで、変調指数0.5の二段階GFSKを用いて(例えば、2.4 GHzで)無線周波数搬送波で変調された符号化データパケットをアンテナ6から送信する。該データパケットは、適切であれば、プリアンプルなどの追加要素を含んでもよい。

40

【0041】

図2は、固定プリアンプル、同期化部分(同期化ワード)、およびデータ部分を含む示的なデータパケット構造を示している。該データ部分は、アクセスアドレス、メッセージビット、巡回冗長検査(CRC)を含む。

【0042】

携帯電話7は、アンテナ8で無線データパケットを受信する。無線受信機9は、相関器10を使用してGFSK信号を加工する。無線受信機9は、同期化部分から周波数同期化情報および/またはタイミング同期化情報を判定するために、まず、受信された信号を最初の16ビットシーケンス[0001101011001011]で相関させる。

【0043】

50

無線受信機 9 は、次に相関器 10 の設定を変えて、受信されたデータ部分を、二つの 16 ビットシーケンスの各々に含まれて共有される中央の 14 ビットである、14 ビットのサブシーケンス [0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0 1] と相関させる。無線受信機 9 は、データ部分内で連続して出現するサブシーケンスの間の位相シフトを決定するために I 成分および Q 成分を別々に処理する。無線受信機 9 は、同期化部分からの初期位相基準（例えば、最初の復号化ビット値「1」に相応する）を用いて、直前の復号化メッセージビットとは反対の値を有するのではほぼ 180 度だけ位相がシフトしている任意のシーケンス、および直前の復号化メッセージビットと同じ値を有するので位相シフトがほぼゼロ度である任意のシーケンスを復号することによって、位相シフト情報からメッセージデータを復号する。

10

【0044】

無線受信機 9 は、相関器 10 から出力される位相情報に基づいてデータパケットを処理している間、継続的にドリフト追跡を行なう。

【0045】

無線受信機 9 は、次いで、復号されたデータからメッセージを抽出し、CRC をチェックし、そして任意の他の適切な操作を行なうことができる。その後、無線受信機 9 は、復号されたメッセージデータをマイクロプロセッサ 11 に渡して処理を委ねる。マイクロプロセッサ 11 は、渡されたデータを任意の適切なやり方で処理することができる。いくつかの実施形態では、心拍数情報が表示画面 12 上に図表化されてユーザが見ることができる。

20

【0046】

ワイヤレス心拍数モニタ 1 と携帯電話 7 は、心拍数メッセージデータが物理層の例外を除きほぼブルートゥース低エネルギー（BLE）コア仕様バージョン 4.0 に従って、ワイヤレス心拍数モニタ 1 から携帯電話 7 に転送されるように構成することができる。ワイヤレス心拍数モニタ 1 と携帯電話 7 は、必須ではないものの、逆方向の無線伝送用の対応コンポーネントを使用して、双方向無線通信ができるように装備してもよい。

【0047】

図 3 は、本発明を具体化する無線送信機内の要素をより詳細に示したものである。この無線送信機は、上記と同じ無線送信機 4 であってもよいし、別の無線送信機であってもよい。

30

【0048】

この無線送信機は、最初に、位相変化符号化ユニット 13 を用いてデータビットを位相変化で符号化する。次に、位相変化で符号化された各ビットは、チップ増加ユニット 14 によって二つの疑似対蹠なチップシーケンスのうちの一つで表される。一つのチップシーケンスにあるチップの各々は、次いで、GFSK フィルタ 15 を通り、GFSK 変調信号として送信される。

【0049】

図 4 は、チップ化ユニット 14 が用いる可能性のある二つの疑似対蹠なチップシーケンス 16、17 を示している。この二つのチップシーケンスは、同じ長さ、最初のチップと最後のチップだけが異なる。好ましい値として、変調指数が、名目上、 $h = 0.5$ であるとき、この二つの信号の位相差は、両チップシーケンス 16、17 の最初の五つのチップおよび最後のチップ（簡潔にするために残りのチップは省略されている）を示している図 4 から分かるように、両チップシーケンスにおける最初のチップと最後のチップを除いてどこでも となる。

40

【0050】

図 5 は、本発明を具体化する無線受信機のデジタルベースバンド処理段階の詳細を示している。この無線受信機は、上記と同じ無線受信機 9 であってもよいし、別の無線受信機であってもよい。

【0051】

フィルタリングや残留周波数オフセット追跡などの工程は、簡潔さのために図示されて

50

いない。

【 0 0 5 2 】

無線受信機の設計は、現実的なチャネル状態（キャリア周波数オフセット、キャリアドリフト、減衰など）を許容する一方で、感度を最適化することを目的とする。無線受信機は、タイミング同期化およびタイミング検出のために相関を用いる。

【 0 0 5 3 】

複素数値ベースバンドの複数のサンプルが図5の左側から入力する状態が図示されている。これらのサンプルは、CORDICユニット18に渡されて、そこから逆拡散ユニット19に渡される。逆拡散ユニット19は、データを含む入力チップシーケンスとこのチップシーケンスが格納されたレプリカとの間で相互相関を行なう。逆拡散ユニット19の出力は、二つの異なるチップシーケンス間の位相差を伝えることになる。この出力は、第二CORDICユニット20に渡され、その後DBPSKデコーダユニット21へ渡される。入力するサンプルは、タイミング同期化と初期搬送周波数オフセット推定を行なう同期化ユニット22にも渡される。

10

【 0 0 5 4 】

図5には以下の略語が含まれている。

n = チップ指数

m = シンボルインデックス

$Z(n)$ = 複素ベースバンドサンプル

$Z'(n)$ = 搬送周波数オフセット(CFO)補償済みの $Z(n)$

$p(k)$ = チップシーケンスを表す複素数値

20

【 0 0 5 5 】

該同期化は、特定の種類の相関器を中心に構築されている。この相関器は、受信したシンボル内のデータに関する知識を利用して従来の遅延・相関式の搬送周波数オフセット推定器による推定における変調の影響を除去する、データ支援型タイミング兼周波数推定器である。該同期化の背後にある原理は、本出願人による国際公開第2014/167318号に記載され、その全内容は援用によって本明細書に組み込まれている。

【 0 0 5 6 】

理想的な同期化をするものとして、図5の無線受信機の性能は次のように分析することができる。

30

【 0 0 5 7 】

$h = 0.5$ の変調指数を用いたFSK信号を弁別検出する場合、ビット誤り率(BER) = 0.001の E_b/N_0 は、ほぼ12dBになるはずである。I成分とQ成分に直接に相互相関させるとき、加法性白色ガウス雑音(AWGN)のBERの基礎となる理論は、相関バイナリ信号の非コヒーレント検出用のBER理論に従うはずである。変調指数が0.5の場合、ビット誤り率(BER) = 0.001の E_b/N_0 は、ほぼ14.5dBである。

【 0 0 5 8 】

弁別検出は、この変調指数では、通常、相関バイナリ信号の非コヒーレント検出を上回る。しかし、弁別後に相関させることによって、識別器は、この場合、FM「閾値」を下回っても、つまり検出器の性能が急速に劣化する領域でも動作している。

40

【 0 0 5 9 】

DBPSKの位相変化検出の場合、ビット誤り率(BER) = 0.001の E_b/N_0 は、ほぼ8dBである。この値は、変調指数 = 0.5とすると、直交検波と比較して6.5dB少なく、GFSK信号を弁別検出する場合よりも約4dB少ない。したがって、GFSK変調されたチップで作られたシンボルにDBPSK信号を利用すれば、リンク全体の許容伝搬損失として4dBの固有利得が得られる。この点は、本方法の非常に大きな利点である。この利得は、通常のDSSS処理の利得に上乘せされる。

【 0 0 6 0 】

図5の「タイミング兼周波数オフセット同期化」を行なう同期化ユニット22は、受信するすべてのベースバンドサンプル $z_n = I(n) + jQ(n)$ について、以下の相互相関を実行する。

【0061】

[数式1]

$$\Delta \hat{f} = \frac{1}{2\pi DT} \arg \left\{ \sum_{i=0}^{L-1} [z_{n-i} z_{n-i-D}^*] d_i \right\} \quad \text{式(1)}$$

10

ここで、Lは、(例えば、上述した16ビットシーケンスのような) サンプルレートを上げた「同期化ワード」を表すサンプル数であり、Dは、設計時に決まる遅延であり、Tは、サンプル期間である。

【0062】

係数は $d_i = p_i^* p_{i+D}$ で与えられ、ここで、 p はサンプルレートを上げて変調した同期化ワードのビットを構成するサンプルである。相関器は、周波数オフセット推定が有効であるためには、時間的にぴったりの時点でサンプリングすべきであり、この時刻は、以下の式2で与えられる M_n の値に「ピーク」が観察されるときである。

20

【0063】

[数式2]

$$M_n = \frac{|C_n|}{P_n} \quad \text{式(2)}$$

30

ここで、 $C_n = \sum_{i=0}^{L-1} [z_{n-i} z_{n-i-D}^*] d_i$ および $P_n = \sum_{i=0}^{L-1} |z_{n-i-D}|^2$ である。

【0064】

M_n の有効なピークは、プログラム可能な閾値に対して決定される。良好な同期化イベントは、ノイズを考慮して、「同期化ワード」の長さに一致する量、プラスまたはマイナス、値 Δ だけ時間的に離間したいくつかの有効なピークを観察することによって決まる。この同期化イベントは、さらに、データシンボルのその後の検出のために用いられるストローブ時間を規定する。

40

【0065】

係数 $d_i = p_i^* p_{i+D}$ は、設計時に計算される。

【0066】

DBPSK検出は、次のように実行される。

【0067】

GFSK変調されたチップのシーケンスを表す、複素ベースバンドサンプル $z(n)$ の受信シーケンスは、デジタルベースバンド相関器逆拡散ユニット19で処理される。該チップシーケンスは、周期 T_s を用いて一つのシンボルを構成する。一定エンベロープ A を仮定すると、以下の式3が成り立つ。

【 0 0 6 8 】

[数式 3]

$$z(n) = Ae^{j\varphi(n)} \quad \text{式 (3)}$$

10

$$\text{ここで、} \varphi(n) = \varphi_0 + \omega_{cfo}n + \varphi_m(n)$$

【 0 0 6 9 】

ここで、 φ_0 は、送信機と受信機との間の一定の位相オフセットを表し、 ω_{cfo} は、無視できる搬送周波数オフセットを表す（非ゼロの搬送周波数オフセットはシンボル間に星座回転をもたらすことになる。搬送周波数オフセット推定および補償後にこのオフセットを十分に小さく保たないと、ビット誤り率が増加することになる）。位相変化変調は、直前のシンボルに対する位相を表す $\varphi_m(n)$ に埋め込まれており、 $\{0, \pi\}$ 内の値を取る。

20

【 0 0 7 0 】

メッセージデータの複数のビットは、連続する受信シンボル同士間の位相シフト $\varphi_m(n)$ を観察することによって、デコーダユニット21で決定される。無線送信機は、送信するデータに応じて、シンボル内の全てのチップに対して同じ位相シフトを適用する。したがって、メッセージデータの各ビットは、位相シフトがなければ「0」を意味し、位相シフトが π あれば「1」を意味する（または、位相変化による符号化が無線送信機で実行される方法によってはその逆となる）ように、位相変化で復号される。

30

【 0 0 7 1 】

N 個の $z(n)$ 値を N 個のGFSM変調されたチップを表す一連の N 個の複素係数と相関させるために（簡略化のため、今のところオーバーサンプリングはないものとする）、係数 $p(k)$ は以下のように表すことができる。

【 0 0 7 2 】

[数式 4]

$$p(k) = e^{j\varphi_k} \quad \text{式 (4)}$$

40

【 0 0 7 3 】

簡略化のために $\omega_{cfo} = 0$ とすると、時刻 t における複素数値相関器の出力は、以下の式5で与えられる。

【 0 0 7 4 】

[数式 5]

$$\begin{aligned}
C(t) &= \sum_{k=0}^{N-1} z(n-k) p^*(k) \\
&= A \sum_{k=0}^{N-1} e^{j\varphi(n-k)} e^{-j\theta_k} \\
&= A \sum_{k=0}^{N-1} e^{j(\varphi_0 + \varphi_m(n-k) - \theta_k)} \\
&= A \sum_{k=0}^{N-1} e^{j(\varphi_0 + q\pi)}, \text{同期化されたタイミング } \varphi_m(n-k) - \theta_k \in \{0, \pi\} \text{ のとき、 } q \in \{0, 1\} \\
&= ANe^{j(\varphi_0 + q\pi)}
\end{aligned}$$

式 (5)

10

ここで、 $\text{angle}(C(t)) = \varphi_0 + q\pi$ である。

【 0 0 7 5 】

したがって、 $C(t)$ と $C(t+T_s)$ との間の角度差は、0 または π となる。なお、 φ_0 は消えてしまう。

【 0 0 7 6 】

20

角度差が $\pi/2$ より大きいか、 $\pi/2$ より小さい場合、検出器は「1」を出力し、それ以外の場合は「0」を出力する。

【 0 0 7 7 】

コヒーレント検出のためには、 φ_0 を推定する必要がある。

【 0 0 7 8 】

シンボルタイミングの同期化または追跡は、 $|C(t)|$ に「ピーク値」が観察されたときの時間を検出することによって行なうことができる。

30

【 0 0 7 9 】

残留搬送波周波数オフセット ω_{cfo} は、搬送周波数ドリフトおよび初期搬送周波数オフセット推定誤差の結果であり、 $C(t)$ と $C(t+T_s)$ との間の角度差を見ることによって追跡することができる。したがって、 ω_{cfo} は、変調に起因する（決定後に）既知の位相シフトを差し引いた後、次の式6で推定することができる。

40

【 0 0 8 0 】

[数式 6]

$$\widehat{\omega_{cfo}} = \frac{\text{angle}(C(t+T_s)) - \text{angle}(C(t))}{T_s} \quad \text{式 (6)}$$

【 0 0 8 1 】

次に、残留搬送波周波数オフセット $\widehat{F_{cfo}}$ [Hz] は、 $\widehat{F_{cfo}} = \widehat{\omega_{cfo}} \frac{1}{2\pi}$ [Hz] のように計算される。

50

【 0 0 8 2 】

図 6 は、図 5 に示したような、無線受信機における同期化処理とデータ受信を組織化することができる有限状態機械 (FSM) を示している。

【 0 0 8 3 】

この FSM の状態は、変数 $syncstate$ で与えられる。時刻 $t = 0$ で、FSM は $syncstate = 0$ で始まる。この状態で、FSM は、図 6 の破線の右側に行き、同期化ユニット 22 によって計算された M_n の値の中で「ピーク」を探す。各「ピーク」について、ベクトル要素 $cfoVec [MnCnt]$ の中に Δf 値が記録され、「ピーク」カウンタ $MnCnt$ が 1 だけ増分される。

10

各ピークの間が一定の距離 $dist$ 離れた状態でこのようなピークの十分な最小値 \min が観測されると、初期のタイミング同期化および搬送周波数オフセット同期化が達成されたことになり、 $syncstate$ が 1 だけ増分される。

【 0 0 8 4 】

(シンボル当たりサンプル数を法としてカウントする) カウンタによって測定される「ピーク」の平均時間で、後続のシンボル境界 (ストローブタイミング) が決まる。さらに、初期の搬送周波数オフセット推定値は、ベクトル $cfoVec$ の要素間の平均値として計算される。その後、この値 $\widehat{\omega}_{cfo}$ は、CORDIC ユニット 18 に渡される。

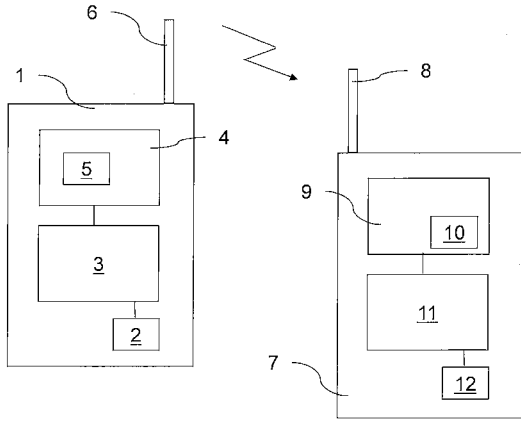
20

【 0 0 8 5 】

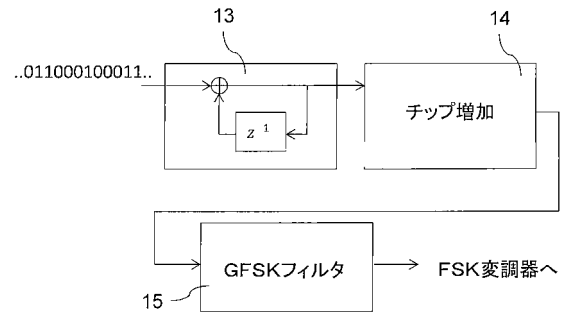
さて、 $syncstate > 0$ で、FSM は、ペイロードを受信するために、図 6 の破線の左側に入る。この状態で、メッセージデータビットは、上述のように、連続する受信シンボル間の位相シフト $\varphi_m(n)$ を観察することによって、デコーダユニット 21 で決定される。さらに、上述のように、残留搬送周波数オフセット (CFO) が追跡されて、 ω_{cfo} が計算される。次に、この値を用いて、CORDIC ユニット 18 の値 $\widehat{\omega}_{cfo}$ を更新する (に加算される)。

30

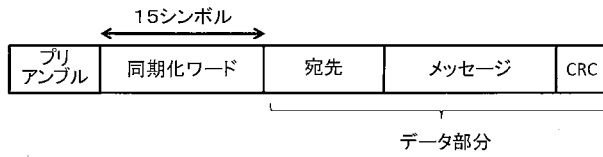
【図1】



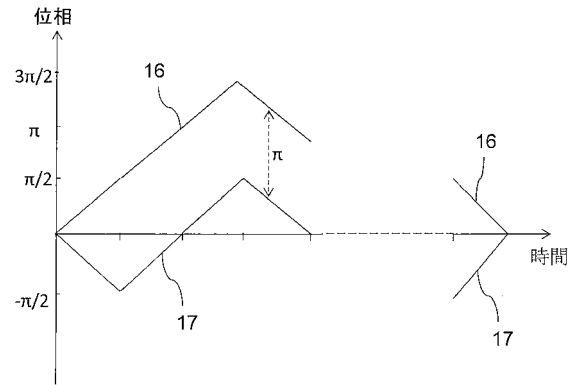
【図3】



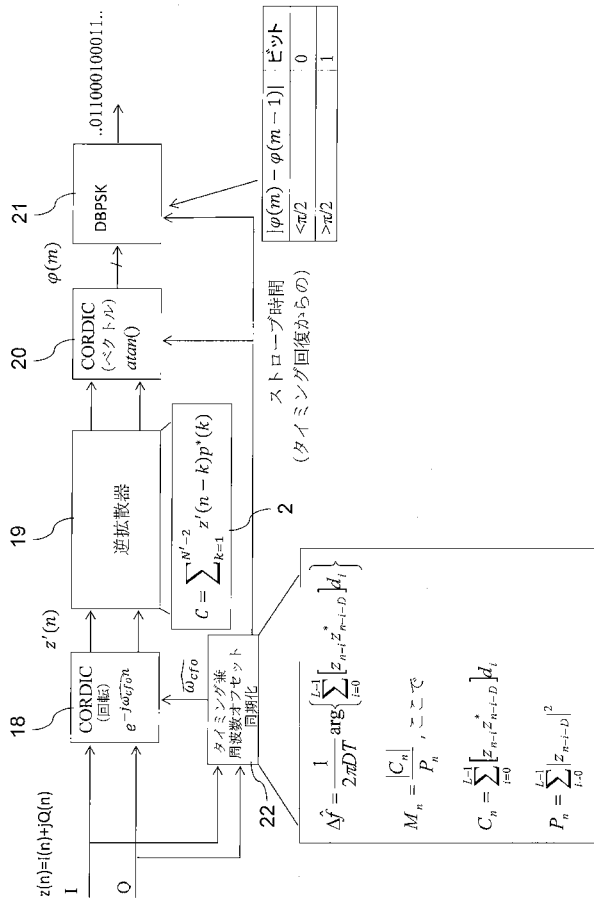
【図2】



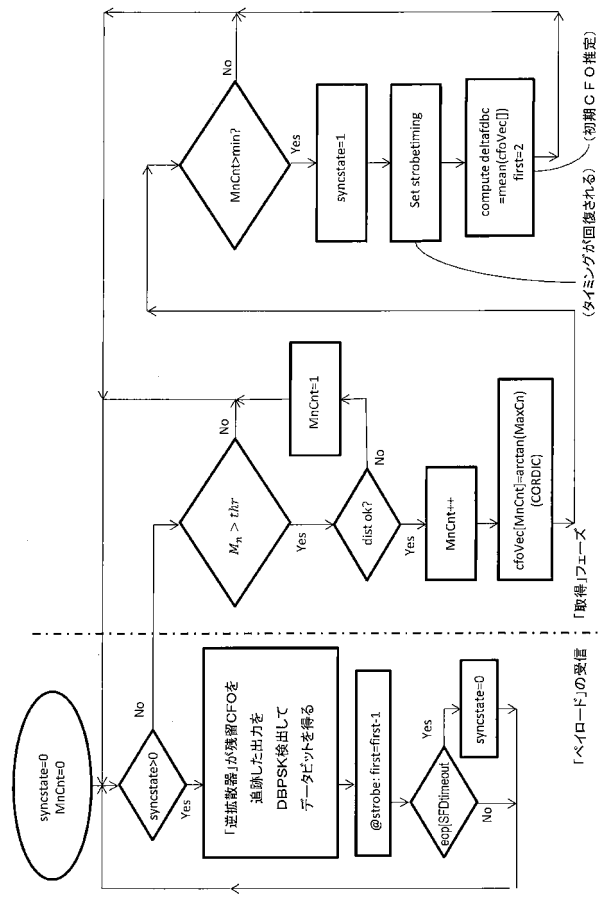
【図4】



【図5】



【図6】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/GB2015/051669

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H04J13/00 H04J13/10 H04L27/22 H04L27/18 H04L27/20 H04L7/00 H04B1/7073 ADD. According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H04J H04L H04B Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	SUST M K: "Performance of digital matched filters in a direct sequence spread spectrum receiver", 19881023; 19881023 - 19881026, 23 October 1988 (1988-10-23), pages 961-967, XP010072053, the whole document	1-4, 12-14, 26,27
A	----- US 4 943 974 A (MOTAMEDI MASOUD [US]) 24 July 1990 (1990-07-24)	5,15
Y	----- column 6, line 3 - line 27	1-4, 12-14, 26,27
A	----- US 2014/086125 A1 (POLO ANGEL [US] ET AL) 27 March 2014 (2014-03-27) paragraph [0056] - paragraph [0058]	5,15
Y	-----	2,3
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
21 August 2015		09/11/2015
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Giglietto, Massimo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/GB2015/051669**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
- 1-5, 12-15, 26, 27

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/GB2015/051669

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-5, 12-15, 26, 27

a transmitter apparatus, a receiver apparatus, a system and communication method, respectively, the transmitter comprising an encoder configured to receive one or more variable message bits and to encode each message bit that has a first value as a predetermined first binary chip sequence and to encode each message bit that has the opposite value as a predetermined second binary chip sequence, wherein the radio transmitter is configured to transmit data packets, each comprising (i) a predetermined synchronisation portion, comprising one or more instances of the first binary chip sequence, and (ii) a variable data portion, comprising one or more encoded message bits output by the encoder.

2. claim: 6

a radio transmitter wherein one or each of the first and second binary chip sequences consists of an equal number of zero bits and one bits.

3. claim: 7

a radio transmitter wherein the second binary chip sequence is identical to the first binary chip sequence except at its first and last bit positions, at which it differs

4. claim: 8

a radio transmitter wherein the first and last bits of the first binary chip sequence differ from each other.

5. claims: 9-11

a radio transmitter wherein the first binary chip sequence has maximum autocorrelation performance, over the set of all possible binary sequences of the same length as the first binary chip sequence, subject to the constraints that the sequence must have an equal number of zero bits and one bits, and that it must have first and last bits that differ in value from each other

6. claims: 16-25, 28-37

A radio receiver comprising a fixed-coefficient correlator that is switchable between a first mode in which it is

International Application No. PCT/ GB2015/ 051669

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

configured to correlate a received signal against a binary chip sequence, and a second mode in which it is configured to correlate a received signal against a shorter sub-sequence from the binary chip sequence, wherein the correlator is configured, when in the second mode, to output a signal representative of a phase shift between two successive occurrences of the sub-sequence in a received signal.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/GB2015/051669

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4943974	A	24-07-1990	NONE

US 2014086125	A1	27-03-2014	NONE

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 エンゲリエン ロペス、ダヴィッド アレクサンドル
ノルウェー王国、エヌ 7004 トロントハイム、オットー ニールセンス ヴェーグ 12、
ノルディック セミコンダクタ アーエスアー 内

(72)発明者 ヴィクルンド、スヴェレ
ノルウェー王国、エヌ 1004 トロントハイム、オットー ニールセンス ヴェーグ 12、
ノルディック セミコンダクタ アーエスアー 内

(72)発明者 オルセン、アイヴィン
ノルウェー王国、エヌ 7004 トロントハイム、オットー ニールセンス ヴェーグ 12、
ノルディック セミコンダクタ アーエスアー 内

(72)発明者 コービシュレイ、フィル
ノルウェー王国、エヌ 7004 トロントハイム、オットー ニールセンス ヴェーグ 12、
ノルディック セミコンダクタ アーエスアー 内

(72)発明者 ブルセット、オーラ
ノルウェー王国、エヌ 7004 トロントハイム、オットー ニールセンス ヴェーグ 12、
ノルディック セミコンダクタ アーエスアー 内

Fターム(参考) 5K047 AA03 AA12 AA16 BB01 HH44