

明 細 書

発明の名称：

通信装置、通信システム、通信方法及びコンピュータ可読記憶媒体

技術分野

[0001] 本開示は、通信技術に関する。

背景技術

[0002] 例えば、スマートメータ等に使用されるIoT (Internet of Things) デバイスは、様々な地理的位置に配置され、1つのアクセスポイント (AP) は、複数のIoTデバイスと通信する。非特許文献1は、IoTデバイス等で使用されるLoRaと呼ばれる通信技術を開示している。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献1：SEMTECH, "AN1200.22 LoRa™ Modulation Basics", 2015年5月

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 非特許文献1が開示する通信技術では、APと通信するIoTデバイスの数が多くなると、干渉等の影響によりAPが正常に受信できるパケット数が制限される。例えば、1つのAPが500のIoTデバイスと通信し、1つのIoTデバイスが1時間に1500パケットを送信する場合、APが正常に受信できるパケット数は、1つのIoTデバイス当たり200パケット程度になる。

[0005] したがって、干渉等の影響を抑えることができる新たな通信技術が求められている。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様によると、通信装置は、 L 個 (L は 2 以上の整数) の複素数のシーケンスである第 1 基本系列から第 N 基本系列 (N は、2 以上の整数) を含む第 1 基本セットを示す情報を格納する格納手段と、送信データに基づきシフト量を判定し、第 n 基本系列 (n は 1 から N までの整数) を前記シフト量だけ巡回シフトさせて第 n シフト系列を生成することにより、第 1 シフト系列から第 N シフト系列を生成するシフト手段と、系列の送信タイミングを示すタイミング情報を保持する保持手段と、前記タイミング情報に従い、前記第 1 シフト系列から前記第 N シフト系列を送信する送信手段と、を備え、前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列は、シフト量が 0 での自己相関の相関値の前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列に渡る合計が 0 とは異なり、データの送信に使用する 0 とは異なるシフト量での自己相関の相関値の前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列に渡る合計が 0 であるとの第 1 条件を満たす。

[0007] 本発明のその他の特徴及び利点は、添付図面を参照とした以下の説明により明らかになるであろう。なお、添付図面においては、同じ若しくは同様の構成には、同じ参照番号を付す。

[0008] 添付図面は明細書に含まれ、その一部を構成し、本発明の実施の形態を示し、その記述と共に本発明の原理を説明するために用いられる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施形態の説明に使用する無線通信システムの構成図。

[図2]無線デバイスの送信側の構成図。

[図3]基本セットの例を示す図。

[図4]シフトセットの例を示す図。

[図5]各シフト系列の送信例を示す図。

[図6]アクセスポイントの受信側の構成図。

[図7]周期相関の各相関値の例を示す図。

[図8]アクセスポイントの送信側の構成図。

[図9]基本セットの別の例を示す図。

[図10]加算セットの例を示す図。

[図11]無線デバイスの受信側の構成図。

[図12]周期相関の各相関値の別の例を示す図。

[図13]周期相関の各相関値のさらに別の例を示す図。

[図14]基本セットの別の例を示す図。

[図15]周期相関の各相関値のさらに別の例を示す図。

[図16]マッピング情報の例を示す図。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、添付図面を参照して実施形態を詳しく説明する。なお、以下の実施形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではなく、また実施形態で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明に必須のものとは限らない。実施形態で説明されている複数の特徴のうち二つ以上の特徴は任意に組み合わせられてもよい。また、同一若しくは同様の構成には同一の参照番号を付し、重複した説明は省略する。

[0011] <第一実施形態>

図1は、実施形態の説明に使用する無線通信システムの構成図である。アクセスポイント(AP)2は、無線デバイス(WD)1-1~1-3と無線で通信可能な通信装置である。WD1-1~1-3は、AP2と無線で通信可能な通信装置である。一例として、WD1-1~1-3は、IoTデバイスである。なお、以下の説明において、WD1-1~1-3を総称してWD1とも表記する。図1において、AP2は3つのWD1と通信しているが例示であり、AP2が通信するWD1の数は、1つ以上であり得る。以下の説明において、WD1からAP2へ方向を上り方向と表記し、AP2からWD1へ方向を下り方向と表記する。

[0012] <上り方向の通信>

図2は、WD1の送信側の構成図である。図2は、WD1が有する変調器の構成と見做すこともできる。WD1は、例えば、AP2に初期アクセスした際、N個の基本系列を含む基本セットを示す基本セット情報と、当該基本

セットに関連付けられた上りタイミング情報と、をA P 2から受信する。なお、初期アクセスは、既存の任意の通信方法（変調方法）を使用して行われ得る。格納部13は、A P 2から受信した基本セット情報を格納する。また、タイミング情報保持部14は、A P 2から受信した上りタイミング情報を保持する。格納部13や、タイミング情報保持部14は、任意の揮発性又は不揮発性のメモリデバイスであり得る。

[0013] 基本セットは、第1基本系列～第N基本系列を含み、各基本系列は、L個の複素値のシーケンスである。なお、N及びLは、それぞれ、2以上の整数である。N個の基本系列が満たすべき条件については後述する。以下では、 $N=4$ 及び $L=4$ の場合を例にして説明する。図3は、格納部13に格納されている基本セット情報が示す基本セットの例を示している。 $N=4$ であるため、基本セットは、第1基本系列から第4基本系列の4つの基本系列を含む。図3によると、第1基本系列は、 $(1, 1, 1, 1)$ であり、第2基本系列は、 $(1, j, -1, -j)$ である。基本セット情報は、さらに、第1基本系列～第4基本系列それぞれに関連付けられた周波数を示す。図3によると、第1基本系列～第4基本系列それぞれは、周波数 $f_1 \sim f_4$ に関連付けられている。

[0014] シフト部11は、送信するデータに基づき判定されるシフト量だけ基本セットの各基本系列を巡回シフトさせるシフト操作を行う。以下の説明において、基本系列のシフト操作により得られる系列を”シフト系列”と表記する。また、N個（本例では4つ）のシフト系列を含むセットを”シフトセット”と表記する。シフト操作は、左巡回シフトであっても右巡回シフトであっても良い。以下では、シフト操作が左巡回シフトであるものとする。また、左巡回シフトではないことが明記されている場合や、暗示されている場合を除き、”シフト”とは、左巡回シフトを意味するものとする。シフト部11は、シフトセットを送信部12に出力する。

[0015] 本例においては $L=4$ であるため、シフト可能な数（シフト量）は $0 \sim 3$ の4つである。したがって、 $L=4$ の場合には、1回の送信で2ビットのデ

ータ（送信データ）を送信することができる。なお、一般的に述べると、各基本系列の長さが L である場合、1回の送信で送信可能なビット数は、 $\log_2 L$ 以下となる。以下の説明において、シフト部11は、2ビットを2進数と見做した値をシフト量としてシフト操作を行うものとする。例えば、送信データが“10”である場合、シフト部11は、第1基本系列～第4基本系列それぞれを2だけシフトさせる。したがって、シフトセットに含まれる第1シフト系列～第4シフト系列は、図4の通りとなる。なお、本実施形態では、2ビットを2進数と見做した値をシフト量とするが例示である。例えば、2ビットで表現できる4つのパターンと4つのシフト量との任意の対応関係を予め決めておき、当該対応関係に従いシフト量を判定する構成とすることができる。

[0016] タイミング情報保持部14が保持する上りタイミング情報は、各シフト系列の送信タイミング（送信開始タイミング）を指定する情報である。送信部12は、上りタイミング情報が示す送信タイミングに従い各シフト系列を、関連付けられた周波数で送信する。なお、シフト系列に関連付けられた周波数とは、当該シフト系列の元となった基本系列に関連付けられた周波数である。このため、送信部12は、格納部13に格納されている基本セット情報にアクセスして、各基本系列に関連付けられた周波数を示す周波数情報を取得する様に構成される。

[0017] 本実施形態においては、各シフト系列の1つの複素数を1つのチップで送信するものとし、1つのチップの期間をチップ期間と表記する。そして、本例において、上りタイミング情報は、各シフト系列の送信タイミングをチップ期間の倍数で指定するものとする。なお、タイミング情報の最大値 T は予め決まっており、本例では最大値 T を29とする。シフト系列の送信タイミングが t （ t は、1～ T までのいずれかの値）であることは、 t 番目のチップ期間の開始タイミングから当該シフト系列を送信することを意味する。

[0018] 例えば、上りタイミング情報が、第1シフト系列、第2シフト系列、第3シフト系列及び第4シフト系列の送信タイミングとして、それぞれ、 $t = 9$

、2、29及び13を示しているものとする。この場合、送信部12は、図5に示す様に、各シフト系列を、関連付けられた周波数で送信する。

[0019] 送信部12は、例えば、シフト系列の各複素値を、当該シフト系列に関連付けられた周波数の振幅及び位相にマッピングして送信することができる。例えば、図5における周波数 f_2 で送信される第2シフト系列で説明すると、送信部12は、 $t=2$ において、振幅が所定値 A であり、かつ、位相が180度の正弦波（周波数 f_2 ）を送信し、 $t=3$ において、振幅が所定値 A であり、かつ、位相が270度の正弦波（周波数 f_2 ）を送信し、 $t=4$ において、振幅が所定値 A であり、かつ、位相が0度の正弦波（周波数 f_2 ）を送信し、 $t=5$ において、振幅が所定値 A であり、かつ、位相が90度の正弦波（周波数 f_2 ）を送信することで、第2シフト系列を送信する。

[0020] なお、WD1は、データを送信する前に所定のプリアンプルと当該WD1の識別子を送信する。本実施形態においては、第1チップ、つまり、 $t=1$ の開始タイミングを、この所定のプリアンプル及び識別子の送信が完了したタイミングとする。AP2は、WD1から所定のプリアンプル及び当該WD1の識別子を受信すると、当該受信が完了したタイミングを $t=1$ の開始タイミングとして当該WD1からの信号を受信する。図5の例では、32チップ期間で1回の送信が完了する。

[0021] 上りタイミング情報については、AP2が生成する構成であっても、AP2に予め格納しておく構成であっても良い。AP2が生成する場合、AP2は、例えば、各シフト系列の送信タイミング t を1～最大値（本例では29）の範囲内でランダムに生成することで上りタイミング情報を生成することができる。なお、上りタイミング情報は、各シフト系列の送信タイミング t が互いに異なる様に、或いは、各シフト系列の送信に重複期間が生じない様に生成され得る。また、AP2が複数のWD1と通信する場合、各WD1の上りタイミング情報は、各WD1によって同じ周波数で送信される信号（シフト系列）の送信タイミングが異なる様に生成され得る。例えば、AP2は、WD1毎に個別に上りタイミング情報を生成する構成とすることができる。

。また、AP2に予め上りタイミング情報を格納しておく場合、複数の異なる上りタイミング情報を格納しておき、AP2が1つのWD1との通信で使用する上りタイミング情報を複数の上りタイミング情報から選択する構成とすることができる。

[0022] 図6は、AP2の受信側の構成を示している。図6は、AP2が有する復調器の構成と見做すこともできる。タイミング情報保持部24は、例えば、揮発性又は不揮発性のメモリデバイスであり、WD1に通知した上りタイミング情報を保持している。なお、AP2が上りタイミング情報を生成する場合、AP2は、上りタイミング情報を生成する図示しない生成部を有する。格納部23は、例えば、揮発性又は不揮発性のメモリデバイスであり、WD1に通知した基本セット情報を格納している。受信部25は、WD1からプリアンブル及び当該WD1の識別子を受信すると、当該WD1に通知した上りタイミング情報に従い当該WD1が送信した各シフト系列を受信系列として受信する。この様に上りタイミング情報は、AP2にとっては、WD1が送信した第1シフト系列から第Nシフト系列を第1受信系列から第N受信系列として受信するタイミングを示す情報である。なお、受信部25は、各シフト系列の周波数を格納部23に格納されている基本セット情報から取得する。受信部25は、受信した各受信系列を含む受信セットを判定部26に出力する。例えば、無線区間における干渉や雑音等の影響がなく、WD1が送信した図4に示す各シフト系列を受信部25が誤り無く受信したものとすると、受信部25は、図4に示す各シフト系列を受信系列として判定部26に出力する。

[0023] 判定部26は、格納部23に格納されている基本セット情報が示す基本セットと受信セットとに基づきWD1が送信したデータを判定して出力する。以下、判定部26における処理について説明する。

[0024] まず、判定部26は、第n受信系列に対する第n基本系列の周期相関を求める。ここで、nは、1からNまでの整数であり、本例では、 $N=4$ である。また、本例においては $L=4$ であるため、周期相関は、シフト量 τ が0～

3 それぞれの場合の4つの相関値を含む。なお、A系列が (a_0, a_1, a_2, a_3) であり、B系列が (b_0, b_1, b_2, b_3) である場合の $\tau = 0$ での相関値は、 $a_0 \times b_0^* + a_1 \times b_1^* + a_2 \times b_2^* + a_3 \times b_3^*$ であり、 $\tau = 1$ での相関値は、 $a_0 \times b_1^* + a_1 \times b_2^* + a_2 \times b_3^* + a_3 \times b_0^*$ である。ここで、値 b^* は、値 b の複素共役である。

[0025] 図7は、受信セットが図4に示すシフトセットと同じ場合の各相関値を示している。なお、図7の”第1”は、第1受信系列に対する第1基本系列の周期相関の各相関値を示し、”第2”は、第2受信系列に対する第2基本系列の周期相関の各相関値を示し、”第3”は、第3受信系列に対する第3基本系列の周期相関の各相関値を示し、”第4”は、第4受信系列に対する第4基本系列の周期相関の各相関値を示している。

[0026] 判定部26は、各系列について求めた周期相関の内のシフト量 τ が同じ相関値の合計を求める。図7の”合計”は各系列のシフト量 τ が同じ相関値の合計を示している。図7に示す様に、相関値の合計は、 $\tau = 2$ では16であるが、 $\tau = 0, 1, 3$ では0になる。したがって、判定部26は、受信セットが基本セットの各基本系列を $\tau = 2$ だけ左側に巡回シフトさせたものと判定し、したがって、WD1が送信したデータ（受信データ）を”10”と判定する。

[0027] 続いて、1つの基本セットに含まれる各基本系列が満たすべき条件について説明する。本実施形態において、基本セットに含まれる各基本系列は、以下の条件1を満たす。

条件1：自己相関、つまり、基本セットに含まれる第 n 基本系列に対する第 n 基本系列の周期自己相関の同じシフト量 τ の第1基本系列から第 N 基本系列に渡る合計が、シフト量 $\tau = 0$ において0とは異なり、かつ、シフト量 τ が0以外において0となること。

[0028] なお、例えば、 $0 \sim (L-1)$ の L 個のシフト量の総てをデータ送信に使用するのではなく、 L より小さい Z 個のシフト量のみをデータ送信に使用する場合（例えば、 $0 \sim (Z-1)$ のシフト量のみを使用する場合）、条件1は、以

下の条件 1' に修正される。

条件 1' : 自己相関、つまり、基本セットに含まれる第 n 基本系列に対する第 n 基本系列の周期自己相関の同じシフト量 τ の第 1 基本系列から第 N 基本系列に渡る合計が、シフト量 $\tau = 0$ において 0 とは異なり、かつ、データの送信(受信)に使用する 0 以外のシフト量において 0 となること。

以下の説明では L 個のシフト量の総てをデータ送信に使用するものとし、よって条件 1 を使用するものとして説明を行う。

[0029] この様に基本セットの各基本系列を設定することで、受信側では受信セットと基本セットとの周期相関により送信側のシフト操作におけるシフト量を判定できる。より具体的には、判定部 26 は、図 7 に示す”合計”の絶対値の最も大きいシフト量が、WD 1 でのシフト操作におけるシフト量と判定して、WD 1 が送信したデータを判定することができる。

[0030] なお、図 7 に示す相関値は、無線区間において干渉等の無い理想的な場合に受信側で得られるものである。ここで、実際に AP 2 が WD 1 から受信する受信系列は、干渉や雑音等の影響によりシフト系列とは同じにならない。例えば、周波数 $f_1 \sim f_3$ における受信状況は良好であったが、周波数 f_4 においては干渉／雑音等の影響がある場合、第 1 受信系列～第 3 受信系列の第 1 シフト系列～第 3 シフト系列に対する誤差は小さいが、第 4 受信系列の第 4 シフト系列に対する誤差が大きいものとなり得る。この場合、例えば、図 7 に示す”合計”において、 $\tau = 0, 1, 3$ が 0 にはならず、かつ、 $\tau = 2$ の絶対値が 16 より小さい値になり得る。しかしながら、 $\tau = 2$ の絶対値が $\tau = 0, 1, 3$ の絶対値より大きい限り、データを正しく判定することができる。

[0031] 本実施形態では、各 WD 1 によって同じ周波数で送信されるシフト系列の送信タイミングが互いに異なる様に各 WD 1 の上りタイミング情報を設定するため、ある WD 1 が送信する各シフト系列の総てが他の WD 1 からの干渉の影響を受ける確率は低い。したがって、1 つの AP 2 と通信する WD 1 の数が大きくなっても、干渉等の影響を抑えることができる。さらに、本実施

形態では、各シフト系列の送信周波数を異ならせることで、あるWD 1 が送信する各シフト系列の総てが他のWD 1 からの干渉の影響を受ける確率をさらに低くしている。

[0032] なお、本実施形態では、基本セットに含まれる第1基本系列から第N基本系列それぞれに異なる周波数を関連付けていた。そして、WD 1 は、各シフト系列を元の基本系列に関連付けられた周波数でAP 2 に送信していた。しかしながら、本実施形態は、その様な形態に限定されない。例えば、各シフト系列を同じ周波数で送信することもできる。また、第1基本系列から第N基本系列の内の幾つかに第1周波数を関連付け、残りの基本系列に第1周波数とは異なる第2周波数を関連付けることもできる。つまり、第1基本系列から第N基本系列にN個未満の周波数を関連付ける構成とすることができる。なお、同じ周波数に関連付けられた複数のシフト系列については、これら複数のシフト系列の送信に重複する期間が生じない様に上りタイミング情報は生成される。なお、第1基本系列から第N基本系列それぞれに異なる周波数を関連付ける場合であっても、各シフト系列の送信に重複する期間が生じない様に上りタイミング情報を生成する構成とすることもできる。この様に上りタイミング情報を生成することで、受信側において必要なフィルタ等の条件を緩和することができる。

[0033] <下り方向の通信>

図8は、AP 2 の送信側の構成図である。図8は、AP 2 が有する変調器の構成と見做すこともできる。以下では、AP 2 がWD 1 - 1 及びWD 1 - 2 の2つのWD 1 と通信しており、この2つのWD 1 それぞれにデータを送信する場合を例にして説明する。なお、WD 1 - 1 の格納部13に格納されている基本セット情報は、図3の基本セットを示すものとする。一方、WD 1 - 2 の格納部13に格納されている基本セット情報は、図9の基本セットを示しているものとする。以下では、WD 1 - 1 が使用する図3に示す基本セットを基本セット#1と表記し、WD 1 - 2 が使用する図9に示す基本セットを基本セット#2と表記する。AP 2 の格納部23は、WD 1 - 1 及び

WD 1-2 に通知した基本セット # 1 及び基本セット # 2 それぞれを示す基本セット情報を格納している。

[0034] なお、本実施形態において、基本セット # 2 は、基本セット # 1 の各基本系列を巡回シフトさせたものである。つまり、基本セット # 2 の第 1 基本系列は、基本セット # 1 の第 2 基本系列であり、基本セット # 2 の第 2 基本系列は、基本セット # 1 の第 3 基本系列であり、基本セット # 2 の第 3 基本系列は、基本セット # 1 の第 4 基本系列であり、基本セット # 2 の第 4 基本系列は、基本セット # 1 の第 1 基本系列である。なお、基本セット # 2 の第 1 基本系列～第 4 基本系列は、それぞれ、周波数 f_1 ～周波数 f_4 に関連付けられている。

[0035] シフト部 2 1 は、WD 1-1 に送信するデータ # 1 (第 1 送信データ) で基本セット # 1 の各基本系列のシフト操作を行って、第 1 シフト系列 # 1 ～第 4 シフト系列 # 1 を含むシフトセット # 1 を加算部 2 7 に出力する。シフト部 2 1 におけるシフト操作は、WD 1 のシフト部 1 1 が行うシフト操作と同様である。例えば、WD 1-1 にビット "1 0" を送信する場合、シフトセット # 1 は、図 4 の通りになる。

[0036] 同様に、シフト部 2 1 は、WD 1-2 に送信するデータ # 2 (第 2 送信データ) で基本セット # 2 の各基本系列のシフト操作を行って、第 1 シフト系列 # 2 ～第 4 シフト系列 # 2 を含むシフトセット # 2 を加算部 2 7 に出力する。例えば、WD 1-2 にビット "0 0" を送信する場合、シフトセット # 2 は、図 9 に示す基本セット # 2 のままである。

[0037] 加算部 2 7 は、シフトセット # 1 の第 n シフト系列と、シフトセット # 2 の第 n シフト系列を加算して第 n 加算系列を生成し、第 1 加算系列から第 4 加算系列を含む加算セットを送信部 2 2 に出力する。図 1 0 は、加算セットの各加算系列を示している。

[0038] タイミング情報保持部 2 4 は、下りタイミング情報を保持している。下りタイミング情報は、下り方向の送信に使用されるものであり、上りタイミング情報と同様に各加算系列の送信タイミング (送信開始タイミング) を示す

ものである。下りタイミング情報も、上りタイミング情報と同様に、AP 2 が生成するものであっても、予め生成してAP 2 に格納しておくものであっても良い。なお、AP 2 は、上りタイミング情報と共に下りタイミング情報も各WD 1 に通知している。送信部 2 2 は、各加算系列を、下りタイミング情報に従い送信する。

[0039] 図 1 1 は、WD 1 の受信側の構成を示している。図 1 1 は、WD 1 が有する復調器の構成と見做すこともできる。タイミング情報保持部 1 4 は、AP 2 から受信した下りタイミング情報を保持している。受信部 1 5 は、下りタイミング情報に従いAP 2 が送信した各加算系列を受信系列として受信する。この様に下りタイミング情報は、WD 1 にとっては、AP 2 が送信した第 1 加算系列から第N加算系列を第 1 受信系列から第N受信系列として受信するタイミングを示す情報である。受信部 1 5 は、受信した各受信系列を含む受信セットを判定部 1 6 に出力する。例えば、無線区間における干渉や雑音等の影響がなく、AP 2 が送信した図 1 0 に示す各加算系列を受信部 1 5 が誤り無く受信したものとすると、受信部 1 5 は、図 1 0 に示す各加算系列を受信系列として判定部 1 6 に出力する。

[0040] 格納部 1 3 には、基本セットを示す基本セット情報が格納されている。なお、WD 1 - 1 の場合、基本セット情報は、基本セット # 1 を示し、WD 1 - 2 の場合、基本セット情報は、基本セット # 2 を示している。判定部 1 6 が行う処理は、判定部 2 6 と同様である。

[0041] 図 1 2 は、図 1 0 に示す加算セットを誤りなく受信セットとして受信した場合における、受信セットの第n受信系列と、基本セット # 1 の第n基本系列との周期相関の各相関値と、シフト量 τ が同じ相関値の合計と、を示している。図 1 2 に示す結果から、WD 1 - 1 は送信データが"10"であると判定できる。また、図 1 3 は、図 1 0 に示す加算セットを誤りなく受信セットとして受信した場合における、受信セットの第n受信系列と、基本セット # 2 の第n基本系列との周期相関の各相関値と、シフト量 τ が同じ相関値の合計と、を示している。図 1 3 に示す結果から、WD 1 - 2 は送信データが"0

0”であると判定できる。この様に、AP 2は、同じ下りタイミング情報を使用してWD 1-1及びWD 1-2に同時にデータを送信することができる。

[0042] 続いて、WD 1-1及びWD 1-2に同時にデータを送信するために基本セット#1と基本セット#2が満たすべき条件について説明する。基本セット#1及び基本セット#2は、それぞれ、上記の条件1に加えて以下の条件2を満たす様に設定される。

条件2：相互相関、つまり、基本セット#1に含まれる第n基本系列と基本セット#2に含まれる第n基本系列の周期相互相関の、第1基本系列から第N基本系列に渡る同じシフト量 τ での相関値の合計が、総てのシフト量 τ において0となること。

[0043] なお、例えば、 $0 \sim (L-1)$ のL個のシフト量の総てをデータ送信に使用するのではなく、Lより小さいZ個のシフト量のみをデータ送信に使用する場合(例えば、 $0 \sim (Z-1)$ のシフト量のみを使用する場合)、条件2は、以下の条件2'に修正される。

条件2'：相互相関、つまり、基本セット#1に含まれる第n基本系列と基本セット#2に含まれる第n基本系列の周期相互相関の、第1基本系列から第N基本系列に渡る同じシフト量 τ での相関値の合計が、データの送信(受信)に使用する総ての(Z個の)シフト量 τ において0となること。

以下の説明ではL個のシフト量の総てをデータ送信に使用するものとし、よって条件2を使用するものとして説明を行う。

[0044] 本実施形態において、基本セット#2は、基本セット#1を巡回シフトさせたものであった。ここで、図3に示す基本セット#1の相互相関は総てのシフト量 $\tau=0$ において0である。したがって、基本セット#1と、基本セット#1を巡回シフトさせた基本セット#2が条件2を満たすことは明らかである。

[0045] なお、より一般的に述べると、AP 2は、M個の基本セット(Mは2以上の整数)を使用して、M個のWD 1と通信することができる。M個の基本セットのそれぞれは上記条件1を満たす。さらに、M個の基本セットの内の任

意の2つの基本セットは上記の条件2を満たす。M個の基本セットは様々な方法で生成され得る。一例として、図3に示す様に、条件1を満たすと共に相互相関が総てのシフト量 τ で0となるN個の基本系列を含む1つの基本セットを任意の方法で設定する。そして、当該基本セットの基本系列を巡回シフトさせることでM個（Mは、2からNまでの整数）の基本セット#1～#Mを生成することができる。

[0046] そして、AP2は、基本セット#1～#Mを、M個のWD1に通知する。また、AP2は、M個のWD1それぞれに個別の上りタイミング情報と、共通の下りタイミング情報と、を通知する。M個のWD1それぞれに通知する上りタイミング情報は、M個のWD1それぞれが同じ周波数で送信するシフト系列の送信タイミングが異なる様に設定され得る。各WD1は、受信した基本セットを用いて、通知された上りタイミング情報に従い上り方向の送信を行う。また、各WD1は、受信した基本セットを用いて、通知された下りタイミング情報に従い下り方向の受信を行う。また、AP2は、WD1に通知した上りタイミング情報に従い当該WD1からのシフトセットを受信し、当該WD1に通知した基本セットを用いて当該WD1からのデータを判定する。さらに、AP2は、M個のWD1に通知した基本セットを用いてM個のWD1それぞれへのシフトセットを生成し、各WD1へのシフトセットに基づき加算セットを生成し、M個のWD1に通知した下りタイミング情報に従い加算セットを送信することでM個のWD1それぞれにデータを送信する。

[0047] なお、下り方向の通信においても基本セットの各基本系列に個別の周波数を割り当てていたが、上り方向の通信で説明した様に、基本セットの各基本系列に同じ周波数を割り当てることもできる。さらに、基本系列の数より少ない数の周波数を使用する構成とすることもできる。

[0048] さらに、本実施形態では、上り方向及び下り方向の通信において同じ周波数 $f_1 \sim f_4$ を使用していたが、上り方向の通信で使用する周波数と、下り方向の通信で使用する周波数を異ならせる、つまり、周波数分割複信（FDD）とすることもできる。この場合、周波数 $f_1 \sim$ 周波数 f_4 は、上り方向

と下り方向では異なる周波数にマッピングされる。

[0049] なお、例えば、上りタイミング情報及び下りタイミング情報を暗号化してWD 1 に通知することができる。各系列の周波数と送信タイミングを第3者から秘匿することで、WD 1 とAP 2 との間で送受信されるデータを第3者が解読することを困難にすることができる。

[0050] <第二実施形態>

続いて、第二実施形態について第一実施形態との相違点を中心に説明する。本実施形態では、下り方向の通信が第一実施形態とは異なる。本実施形態のAP 2 の送信側の構成は、図8の加算部27を省略したものに対応する。また、本実施形態において、WD 1 - 2 との通信で使用する基本セット# 2 は、図14に示すものとする。基本セット# 2 の第1基本系列～第4基本系列は、図9に示すものと同様であるが、第1基本系列～第4基本系列に関連付けられている周波数が図9とは異なる。つまり、第一実施形態において、基本セット# 1 の第n基本系列に関連付けられた周波数と、基本セット# 2 の第n基本系列に関連付けられた周波数は同じであったが、本実施形態において、基本セット# 1 の第n基本系列に関連付けられた周波数と、基本セット# 2 の第n基本系列に関連付けられた周波数は異なる。

[0051] 加算部27がないため、シフト部21は、シフトセット# 1 及びシフトセット# 2 を送信部22に送信する。送信部22は、下りタイミング情報に従いシフトセット# 1 の各シフト系列に関連付けられている周波数で送信し、かつ、シフトセット# 2 の各シフト系列に関連付けられている周波数で送信する。したがって、例えば、シフトセット# 1 の第1シフト系列は周波数f 1 で送信され、シフトセット# 2 の第1シフト系列は周波数f 2 で送信される。なお、シフトセット# 1 及びシフトセット# 2 は同じ下りタイミング情報に従い送信されるため、シフトセット# 1 の第nシフト系列とシフトセット# 2 の第nシフト系列は、同じ期間に送信される。

[0052] 本実施形態におけるWD 1 の受信側の構成は、図11と同じであり、WD 1 は下りタイミング情報に従い自装置宛の各シフト系列を受信する。具体的

には、WD 1-1 は、下りタイミング情報に従い周波数 f_1 で第1シフト系列を受信する。同じ期間、周波数 f_2 で、WD 1-2 宛の第1シフト系列が AP 2 より送信されているが周波数が異なるためWD 1-1 は、WD 1-2 宛の第1シフト系列を受信しない。なお、WD 1-1 のフィルタ性能等によりWD 1-2 宛の第1シフト系列を受信したとしても、第一実施形態で説明した条件2より問題はない。WD 2-2 についても同様である。

[0053] また、本実施形態では、基本セット#1の第 n 基本系列と、基本セット#2の第 n 基本系列の周波数を異ならせたが同じであっても良い。この場合、WD 1 は、他のWD 1 宛のシフト系列も受信するが条件2より問題はない。

[0054] <第三実施形態>

続いて、第一実施形態及び第二実施形態との相違点を中心に説明する。第一実施形態及び第二実施形態においては M 個の基本セット#1～# M を使用することで、AP 2 は、最大 M 個のWD 1 と通信を行っていた。本実施形態において、1つのAP 2 は、 M 個より多いWD 1 と通信する。本実施形態において、各WD 1 は、最大 M 個のWD 1 を含むクラスタにグループ化される。なお、1つのクラスタに含まれるWD 1 の数は1つであっても良い。1つのクラスタに含まれる M 個以下のWD 1 それぞれには、 M 個の基本セットの内の異なる基本セットが割り当てられる。一方、複数の異なるクラスタそれぞれに属するWD 1 には、 M 個の基本セットの内の同じ基本セットが割り当てられ得る。

[0055] 上り方向の通信に関し、同じクラスタに含まれるWD 1 には、同じ上りタイミング情報が設定される。一方、異なるクラスタに含まれるWD 1 間においては、異なる上りタイミング情報が設定される。つまり、異なるクラスタに含まれるWD 1 間においては、上り方向において同じ周波数で送信される信号の送信タイミングが互いに異なる様に上りタイミング情報が設定される。同じクラスタに含まれる最大 M 個のWD 1 は、同じタイミングで各シフト系列を送信するが、上記の条件1及び条件2により、AP 2 は同じクラスタに含まれる最大 M 個のWD 1 からの信号を復調することができる。また、異

なるクラスタに含まれるWD 1間においては、同じ周波数の信号が異なるタイミングで送信されるため干渉が大きくなり過ぎることを抑えることができる。

[0056] なお、同じクラスタに含まれる最大M個のWD 1への下り方向の通信は、第一実施形態及び第二実施形態と同様である。一方、異なるクラスタに含まれるWD 1には、下り方向において同じ周波数で送信される信号の送信タイミングが異なる様に下りタイミング情報が設定される。つまり、異なるクラスタには異なる下りタイミング情報が設定される。したがって、異なるクラスタに含まれるWD 1間における下り信号の干渉が大きくなり過ぎることを抑えることができる。

[0057] <第四実施形態>

上記各実施形態において、1つのWD 1に対しては、M個の基本セットの内の1つの基本セットを割り当てていた。本実施形態では、1つのWD 1に対してM個の基本セットの内の異なる2つ以上の基本セットを割り当てる。本実施形態の以下の説明においては、文脈からそうではないことが明らかな場合や、明記されている場合を除き、2つ以上の基本セットが割り当てられたWD 1を、単に”WD 1”と表記する。WD 1に対しては、各基本セットそれぞれに関連付けられた上りタイミング情報が割り当てられる。例えば、1つのWD 1に第1基本セットと第2基本セットの2つの基本セットを割り当てる場合、当該WD 1には、第1基本セットに関連付けられた第1上りタイミング情報と、第2基本セットに関連付けられた第2上りタイミング情報が設定される。例えば、図5の例において、WD 1は、32チップ期間で2ビットのデータを送信していたが、WD 1に2つの基本セットを割り当てることで、WD 1は、32チップ期間で4ビットのデータを送信することができる。

[0058] WD 1に割り当てる複数の異なる基本セットそれぞれに対応する複数の上りタイミング情報は同一であり得る。複数の異なる基本セットそれぞれに対応する複数の上りタイミング情報が同一であっても、上記条件1及び条件2

よりA P 2はWD 1からのデータを復調することができる。或いは、複数の異なる基本セットそれぞれに対応する複数の上りタイミング情報は、同じ周波数で送信される異なる基本セットのシフト系列の送信タイミングが互いに異なる様に設定される。一例として、複数の異なる基本セットそれぞれに対応する複数の上りタイミング情報は、同じ周波数で送信される異なる基本セットのシフト系列が時間的に重複して送信されない様に設定され得る。

[0059] なお、1つのWD 1に複数の異なる基本セットと、当該複数の基本セットに関連付けられた上りタイミング情報を割り当てることは、第二実施形態で説明した下り方向の通信と同様の通信を上り方向で行うことに対応する。第二実施形態との相違点は、第二実施形態において、A P 2は、各基本セットを使用して異なるWD 1にデータを送信しているのに対し、複数の基本セットが割り当てられたWD 1は、各基本セットを使用して同じA P 2にデータを送信する点である。また、第二実施形態で説明した下り方向の通信では、各基本セットには同じ下りタイミング情報が関連付けられていたが、複数の基本セットが割り当てられたWD 1による上り方向の通信においては、上述した様に、複数の基本セットそれぞれに関連付けられた異なる複数の上りタイミング情報が割り当てられ得る。

[0060] データの受信に関し、第二実施形態のA P 2は、複数のWD 1それぞれから、複数のWD 1それぞれに通知した上りタイミング情報に従い、複数のWD 1それぞれに通知した異なる基本セットに基づく受信系列を受信する。なお、各WD 1に通知した上りタイミング情報は、各WD 1から同じ周波数で受信する受信系列の受信タイミング（受信開始タイミング）が互いに異なる様に設定されている。また、第三実施形態のA P 2は、同じクラスタの異なるWD 1からは、同じ上りタイミング情報に従い異なる基本セットに基づく受信系列を受信する。

[0061] 本実施形態のA P 2は、同じWD 1から同じ上りタイミング情報に従い異なる基本セットに基づく受信系列を受信する。或いは、本実施形態のA P 2は、同じWD 1から異なる上りタイミング情報に従い、異なる基本セットに

基づく受信系列を受信する。異なる上りタイミング情報は、同じWD 1 から受信する各受信系列の内、同じ周波数で受信する受信系列の受信タイミングが異なる様に設定されている。一例として、異なる上りタイミング情報は、同じWD 1 からの同じ周波数の異なる受信系列の受信期間が時間的に重複しない様に設定され得る。なお、本実施形態のWD 1 は、同じAP 2 から同じ下りタイミング情報に従い異なる基本セットに基づく受信系列を受信する。或いは、本実施形態のWD 1 は、同じAP 2 から異なる下りタイミング情報に従い、異なる基本セットに基づく受信系列を受信する。異なる下りタイミング情報は、同じAP 2 から受信する各受信系列の内、同じ周波数で受信する受信系列の受信タイミングが異なる様に設定されている。一例として、同じ周波数の異なる受信系列の受信期間が時間的に重複しない様に設定され得る。

[0062] なお、同じWD 1 に複数の基本セットを割り当てる場合、第一実施形態の下り方向の通信と同様に、当該WD 1 は、各基本セットに基づくシフト系列を加算した加算系列をAP 2 に送信することもできる。この場合、上りタイミング情報は、加算系列の送信タイミングを示すものとなる。

[0063] <第五実施形態>

続いて、第五実施形態について、上記各実施形態との相違点を中心に説明する。上記各実施形態では、基本セットの各基本系列の長さを L とし、1回の通信で、1つの通信相手の通信装置に対して $\log_2 L$ ビット以下のデータを送信していた。本実施形態では、基本セットの各基本系列の長さを L としたまま、1回の通信で1つの通信装置に送信できるビット数を $\log_2 L$ ビットより多くする。

[0064] 以下では、WD 1 がAP 2 に、1回の通信で3ビットのデータ"110"とデータ"010"を送信する場合を例にして実施形態の説明を行う。なお、WD 1 が使用する基本セットは図3の通りであるものとする。WD 1 のシフト部11は、3ビットの最初のビットに応じた値を基本セットの各基本系列の複素数に乗ずることで基本系列を中間系列に変換する。以下では、一例とし

て、最初のビットが”1”であると1を乗じ、最初のビットが”0”であると-1を乗じるものとする。続いて、シフト部11は、3ビットの内の最後の2ビットを2進数としてシフト量を判定し、各中間系列をシフト量だけシフトさせることで各シフト系列を生成し、各シフト系列を含むシフトセットを送信部12に送信する。

[0065] データ”110”の場合、最初のビットが”1”であるため、各中間系列は基本系列と同じである。したがって、シフト部11は、最後の2ビット”10”に基づき中間系列（基本系列）を2だけシフトさせる。したがって、送信部12に出力されるシフトセットは、図4の通りとなる。一方、データ”010”の場合、最初のビットが”0”であるため、シフト部11は、各基本系列の符号を反転させてシフト量が2のシフト操作を行う。したがって、送信部12に出力されるシフトセットは、図4のシフトセットの各シフト系列の符号を反転させたものとなる。なお、本例では、基本セットの各基本系列にビットに応じた乗数を乗じ、その後にシフト操作を行っていたが、シフト操作の後にビットに応じた乗数を乗じても同じである。

[0066] 本実施形態によるAP2の受信構成は、第一実施形態と同様である。したがって、WD1がデータ”110”を送信した場合、AP2は、図7に示す相関値を得る。一方、WD1がデータ”010”を送信した場合、AP2は、図15に示す相関値を得る。判定部26は、相関値の合計の絶対値が最大となるシフト量 τ の値に基づき最後の2ビットを判定する。また、判定部26は、絶対値が最大となるシフト量 τ の符号に基づき最初のビットが”0”であるか”1”であるかを判定できる。なお、本例では、最初のビットが”0”であるとして-1を乗じたが、例えば、”2”を乗じた場合、図15における $\tau=2$ の合計値は32になる。したがって、より詳しくは、判定部26は、絶対値が最大となるシフト量 τ の合計値に基づき最初のビットが”0”であるか”1”であるかを判定する。

[0067] なお、WD1がAP2に3ビットのデータを送る形態で説明したが4ビットのデータを送る場合は、例えば、最初の2ビットの値に応じて、”1+j”

、 $-1+j$ ”、 $-1-j$ ”、 $1-j$ ”を乗数とすることができる。つまり、乗数は複素数であっても良い。この場合、判定部26は、絶対値が最大となるシフト量 τ の合計値（複素値）に基づき乗数を判定し、乗数に対応するビットを判定する。なお、複素数の絶対値は、複素平面における原点からの距離に対応する。

[0068] 纏めると、第一実施形態では、Pビット（Pは1以上の整数）のデータに基づきシフト量を判定し、1回の通信でPビットのデータを送信していた。なお、Pは $\log_2 L$ 以下の整数である。一方、本実施形態では、1回の通信で(P+Q)ビット（Qは1以上の整数）のデータを送信する。シフト部11は、(P+Q)ビットデータの内のPビットのデータに基づきシフト量を判定する。また、シフト部11は、(P+Q)ビットのデータの内のQビットのデータに基づき各基本系列の各複素数に乘じる乗数を判定する。なお、乗数の数は、 2^Q である。そして、シフト部11は、各基本系列に乗数を乗じてシフト操作を行うことで各シフト系列を生成する。なお、(P+Q)ビットを構成する1番目から(P+Q)番目のビットの内、乗数を判定するために使用するQビットと、シフト量を判定するためのPビットと、をどの様に選択するかは任意であり、最初のQビットで乗数を判定する構成に限定されない。

[0069] 一方、AP2の判定部26は、受信系列と対応する基本系列との周期相関を各受信系列それぞれについて求め、シフト量が同じ相関値の合計を求める。第一実施形態と同様に、判定部26は、合計の絶対値が最も大きいシフト量に基づきPビットのデータを判定する。また、判定部26は、絶対値が最も大きいシフト量の合計値に基づき乗数を判定し、判定した乗数に基づきQビットのデータを判定する。この構成により、1回の通信で送信するデータ量を第一実施形態より多くすることができる。なお、本実施形態の通信方法は、上り方向のみならず、下り方向にも適用可能である。また、第二実施形態～第四実施形態の構成にも適用することもできる。

[0070] <第六実施形態>

続いて、第六実施形態について、上記各実施形態との相違点を中心に説明する。本実施形態も、第五実施形態と同様に、1回の通信でのデータ量を多くするものである。例えば、基本セットの各基本系列の長さ L （シーケンス長）を5とする。第一実施形態の場合、 L が5であっても1回の通信で送信できるビットは2ビットである。

[0071] 本実施形態では、一例として、0～4の5つのシフト量 τ から3つを選択する組み合わせを考える。図16は、5つのシフト量 τ から3つを選択する10個の組み合わせを示している。なお、図16において“1”は組み合わせに選択されていることを示している。本実施形態では、図16に示す様に3ビットのデータで表現される8個のパターンそれぞれを10個の組み合わせの内のいずれか1つにマッピングする。図16では、例えば、“000”をシフト量 $\tau=2$ 、3、4の組み合わせに対応させている。

[0072] シフト部11は、送信データが“000”である場合、図16のマッピング情報が示すマッピングに従い、各基本系列をシフト量 $\tau=2$ だけシフトさせてシフトセット#1を生成し、各基本系列をシフト量 $\tau=3$ だけシフトさせてシフトセット#2を生成し、各基本系列をシフト量 $\tau=4$ だけシフトさせてシフトセット#3を生成する。そして、シフトセット#1～シフトセット#3の第 n シフト系列を加算することで、送信部12に送信するシフトセットを生成する。送信部12は、第一実施形態と同様に上りタイミング情報に従い各シフト系列を送信する。なお、マッピング情報は、予め作成されて格納部13に格納される。或いは、マッピング情報は、上りタイミング情報等と共にAP2から受信する。

[0073] AP2の格納部23も図16に示すマッピング情報を格納している。判定部26は、第一実施形態で説明した処理により、受信系列と、対応する基本系列との周期相関を求め、各系列のシフト量が同じ相関値の合計を求める。そして、判定部26は、合計の絶対値の大きい上位3つのシフト量を判定する。図12及び図13での説明から明らかな様に、受信系列がシフト系列と同じ場合、シフト量 $\tau=2$ 、3及び4それぞれでの合計は、同じ値であり、

かつ、シフト量 $\tau = 0$ 及び 1 での合計より大きくなる。したがって、判定部 26 は、図 16 に示すマッピング情報に従い WD 1 の送信データを "000" と判定できる。

[0074] 纏めると、本実施形態において、WD 1 及び AP 2 は、同じマッピング情報を有する。マッピング情報は、所定数のシフト量の組み合わせと、P ビットのデータとの関係を示す。なお、組み合わせ数は、 2^P 以上である。また、所定数は、2 以上、かつ、L 未満である（図 16 の例では所定数は 3）。WD 1 は、P ビットのデータを送信する場合、当該データに基づきマッピング情報を参照して、所定数のシフト量を判定する。そして、WD 1 は、各シフト量でのシフト操作により各シフト量に対応するシフトセットを生成し、各シフト量に対応するシフトセットを加算することで、送信部 12 に送信するシフトセットを生成する。一方、AP 2 は、受信セットと基本セットとの周期相関により所定数のシフト量を判定する。そして、AP 2 は、判定した所定数のシフト量に基づきマッピング情報を参照して WD 1 が送信したデータを判定する。

[0075] なお、本実施形態は、上記各実施形態で説明した構成と組み合わせることができる。さらに、本実施形態も下り方向の通信にも適用可能である。

[0076] <その他>

上記各実施形態において、WD 1 が送信するシフトセットの各シフト系列にサイクリックプレフィクス (CP) を追加する構成、つまり、シフトセットの直前又は直後に当該シフトセットに基づく CP を送信する構成とすることもできる。一例として、CP は、シフト系列の最後の C 個 (C は L 以下の整数) であり、この場合、WD 1 は、シフト系列の直前に CP を送信する。言い換えると、WD 1 は、シフト系列の直前に CP を追加することで CP 付きシフト系列を生成して送信する。例えば、 $C = 2$ とすると、図 4 の第 2 シフト系列に CP を追加した CP 付きシフト系列は、 $1, j, -1, -j, 1, j$ となる。他の例として、CP は、シフト系列の最初の C 個であり、この場合、WD 1 は、シフト系列の直後に CP を送信する。言い換えると、WD

1 は、シフト系列の直後に C P を追加することで C P 付きシフト系列を生成して送信する。下り方向についても同様である。C P を追加することで、マルチパス環境においても精度よく情報を復調することができる。

[0077] さらに、上記各実施形態において、WD 1 は、A P 2 から基本セットを受信するものとしたが、基本セットを示す基本セット情報については、予め WD 1 に格納しておく構成とすることもできる。この場合、格納部 1 3 については、書き換え可能なメモリデバイスではなく、基本セット情報をハードウェア的に保持するデバイスとすることができる。A P 2 の格納部 2 3 についても同様である。

[0078] さらに、上記各実施形態において、WD 1 と A P 2 は無線で通信するものとした。しかしながら、本発明は、無線周波数帯の無線信号で通信する以外にも、例えば、音波を使用して行う通信や、光を使用して行う通信にも適用可能である。さらに、上記各実施形態で説明した通信方法、通信システムが提供される。

[0079] さらに、1 つ以上のプロセッサを有する装置を、上記各実施形態で説明した WD 1 や A P 2 として機能させるコンピュータプログラムが提供される。コンピュータプログラムは、当該装置の 1 つ以上のメモリデバイスに格納されており、当該装置の 1 つ以上のプロセッサで実行されると、当該装置を上記各実施形態で説明した WD 1 や A P 2 として機能させるプログラム命令を含む。さらに、上記各実施形態で説明した WD 1 や A P 2 が行う通信方法を 1 つ以上のプロセッサを有する装置に実行させるコンピュータプログラムが提供される。さらに、これらコンピュータプログラムを格納した、非一時的なコンピュータ可読記憶媒体が提供される。

[0080] 発明は上記の実施形態に制限されるものではなく、発明の要旨の範囲内で、種々の変形・変更が可能である。

請求の範囲

- [請求項1] 通信装置であって、
- L 個（L は 2 以上の整数）の複素数のシーケンスである第 1 基本系列から第 N 基本系列（N は、2 以上の整数）を含む第 1 基本セットを示す情報を格納する格納手段と、
- 送信データに基づきシフト量を判定し、第 n 基本系列（n は 1 から N までの整数）を前記シフト量だけ巡回シフトさせて第 n シフト系列を生成することにより、第 1 シフト系列から第 N シフト系列を生成するシフト手段と、
- 系列の送信タイミングを示すタイミング情報を保持する保持手段と、
- 、
- 前記タイミング情報に従い、前記第 1 シフト系列から前記第 N シフト系列を送信する送信手段と、
- を備え、
- 前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列は、シフト量が 0 での自己相関の相関値の前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列に渡る合計が 0 とは異なり、データの送信に使用する 0 とは異なるシフト量での自己相関の相関値の前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列に渡る合計が 0 であるとの第 1 条件を満たす、通信装置。
- [請求項2] 前記第 1 シフト系列から前記第 N シフト系列それぞれの前記送信タイミングは、互いに異なる、請求項 1 に記載の通信装置。
- [請求項3] 前記第 1 シフト系列から前記第 N シフト系列それぞれの周波数に関連付けられており、
- 前記送信手段は、前記第 1 シフト系列から前記第 N シフト系列それぞれを、関連付けられた前記周波数で送信する、請求項 1 又は 2 に記載の通信装置。
- [請求項4] 前記第 1 シフト系列から前記第 N シフト系列それぞれに関連付けられている前記周波数は互いに異なる、請求項 3 に記載の通信装置。

- [請求項5] 前記第1シフト系列から前記第Nシフト系列の内の少なくとも2つのシフト系列に関連付けられている前記周波数は同じであり、
前記タイミング情報が示す前記少なくとも2つのシフト系列の送信タイミングは、前記少なくとも2つのシフト系列の送信が重複する期間を有さない様に設定されている、請求項3に記載の通信装置。
- [請求項6] 前記送信データは、Pビットのデータであり、
前記シフト手段は、前記Pビットのデータに基づき前記シフト量を判定し、
Pの値は、 $\log_2 L$ 以下である、請求項1から5のいずれか1項に記載の通信装置。
- [請求項7] 前記送信データは、(P+Q)ビットのデータであり、
前記シフト手段は、前記(P+Q)ビットの内のPビットのデータに基づき前記シフト量を判定し、前記(P+Q)ビットの内のQビットのデータに基づき乗数を判定し、前記第nシフト系列は、前記第n基本系列の前記L個の複素数に前記乗数を乗じて前記シフト量だけ巡回シフトさせたものであり、
Pの値は、 $\log_2 L$ 以下である、請求項1から5のいずれか1項に記載の通信装置。
- [請求項8] 前記シフト手段は、前記送信データに基づき所定数の異なるシフト量を判定し、
前記シフト手段は、前記所定数の異なるシフト量それぞれで前記第n基本系列の巡回シフトを行うことにより、前記所定数の異なるシフト量それぞれについて前記第nシフト系列を生成し、前記所定数の異なるシフト量それぞれについて生成した前記第nシフト系列を加算することで、前記第1シフト系列から前記第Nシフト系列を生成し、
前記所定数は、2以上、かつ、L未満の値である、請求項1から5のいずれか1項に記載の通信装置。
- [請求項9] 前記保持手段が保持する前記タイミング情報は、前記送信データの

送信先の装置から受信したものである、請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の通信装置。

[請求項10] 前記格納手段が格納する前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列は、前記送信データの送信先の装置から受信したものである、請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の通信装置。

[請求項11] 前記送信手段は、前記第 n シフト系列の直前又は直後に前記第 n シフト系列に基づくサイクリックプレフィクスを送信する、請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の通信装置。

[請求項12] 前記格納手段は、前記 L 個の複素数のシーケンスである第 1 基本系列から第 N 基本系列を含む第 2 基本セットであって、前記第 2 基本セットの前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列は、前記第 1 条件を満たす、前記第 2 基本セットを示す情報をさらに格納し、

前記保持手段は、前記第 1 基本セットに関連付けられた第 1 タイミング情報と、前記第 2 基本セットに関連付けられた第 2 タイミング情報と、を保持しており、

第 1 送信データ及び第 2 送信データを同じ装置に送信する場合、

前記シフト手段は、前記第 1 送信データに基づく第 1 シフト量だけ前記第 1 基本セットの前記第 n 基本系列を巡回シフトさせることにより前記第 1 シフト系列から前記第 N シフト系列を含む第 1 シフトセットを生成し、かつ、前記第 2 送信データに基づく第 2 シフト量だけ前記第 2 基本セットの前記第 n 基本系列を巡回シフトさせることにより前記第 1 シフト系列から前記第 N シフト系列を含む第 2 シフトセットを生成し、

前記送信手段は、前記第 1 シフトセットの前記第 1 シフト系列から前記第 N シフト系列を前記第 1 タイミング情報に従い送信し、前記第 2 シフトセットの前記第 1 シフト系列から前記第 N シフト系列を前記第 2 タイミング情報に従い送信し、

前記第 1 基本セットと前記第 2 基本セットは、前記第 1 基本セット

の前記第 n 基本系列と前記第 2 基本セットの前記第 n 基本系列との周期相関の、前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列に渡る同じシフト量での相関値の合計が、データの送信に使用する総てのシフト量において 0 となるとの第 2 条件を満たす、請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の通信装置。

[請求項13] 前記第 1 タイミング情報及び第 2 タイミング情報は、前記第 1 シフトセット及び第 2 シフトセットの同じ周波数で送信されるシフト系列の送信タイミングが異なる様に設定されている、請求項 1 2 に記載の通信装置。

[請求項14] 前記第 1 タイミング情報及び第 2 タイミング情報は同じ情報である、請求項 1 2 に記載の通信装置。

[請求項15] 前記格納手段は、前記 L 個の複素数のシーケンスである第 1 基本系列から第 N 基本系列を含む第 2 基本セットであって、前記第 2 基本セットの前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列は、前記第 1 条件を満たす、前記第 2 基本セットを示す情報をさらに格納し、

第 1 通信装置に第 1 送信データを送信し、かつ、前記第 1 通信装置とは異なる第 2 通信装置に第 2 送信データを送信する場合、

前記シフト手段は、前記第 1 送信データに基づく第 1 シフト量だけ前記第 1 基本セットの前記第 n 基本系列を巡回シフトさせることにより前記第 1 シフト系列から前記第 N シフト系列を含む第 1 シフトセットを生成し、かつ、前記第 2 送信データに基づく第 2 シフト量だけ前記第 2 基本セットの前記第 n 基本系列を巡回シフトさせることにより前記第 1 シフト系列から前記第 N シフト系列を含む第 2 シフトセットを生成し、

前記送信手段は、前記第 1 シフトセットの前記第 n シフト系列と、前記第 2 シフトセットの前記第 n シフト系列と、を加算して第 n 加算系列を生成し、前記タイミング情報に従い、第 1 加算系列から第 N 加算系列を送信し、

前記第1基本セットと前記第2基本セットは、前記第1基本セットの前記第n基本系列と前記第2基本セットの前記第n基本系列との周期相関の、前記第1基本系列から前記第N基本系列に渡る同じシフト量での相関値の合計が、データの送信に使用する総てのシフト量において0となるとの第2条件を満たす、請求項1から8のいずれか1項に記載の通信装置。

[請求項16]

前記格納手段は、前記L個の複素数のシーケンスである第1基本系列から第N基本系列を含む第2基本セットであって、前記第2基本セットの前記第1基本系列から前記第N基本系列は、前記第1条件を満たす、前記第2基本セットを示す情報をさらに格納し、

第1通信装置に第1送信データを送信し、かつ、前記第1通信装置とは異なる第2通信装置に第2送信データを送信する場合、

前記シフト手段は、前記第1送信データに基づく第1シフト量だけ前記第1基本セットの前記第n基本系列を巡回シフトさせることにより前記第1シフト系列から前記第Nシフト系列を含む第1シフトセットを生成し、かつ、前記第2送信データに基づく第2シフト量だけ前記第2基本セットの前記第n基本系列を巡回シフトさせることにより前記第1シフト系列から前記第Nシフト系列を含む第2シフトセットを生成し、

前記送信手段は、前記第1シフトセットの前記第1シフト系列から前記第Nシフト系列と、前記第2シフトセットの前記第1シフト系列から前記第Nシフト系列を、同じ前記タイミング情報に従い送信し、

前記第1基本セットと前記第2基本セットは、前記第1基本セットの前記第n基本系列と前記第2基本セットの前記第n基本系列との周期相関の、前記第1基本系列から前記第N基本系列に渡る同じシフト量での相関値の合計が、データの送信に使用する総てのシフト量において0となるとの第2条件を満たす、請求項1から8のいずれか1項に記載の通信装置。

- [請求項17] 前記タイミング情報を生成する生成手段をさらに備えている、請求項1から8のいずれか1項に記載の通信装置。
- [請求項18] 通信装置であって、
L個（Lは2以上の整数）の複素数のシーケンスである第1基本系列から第N基本系列（Nは、2以上の整数）を含む第1基本セットを示す情報を格納する格納手段と、
系列の受信タイミングを示すタイミング情報を保持する保持手段と、
、
前記タイミング情報に従い、第1受信系列から第N受信系列を受信する受信手段と、
第n受信系列（nは、1からNまでの整数）と第n基本系列との周期相関を求め、前記第1受信系列から前記第N受信系列について求めた前記周期相関の同じシフト量の相関値を合計した合計値に基づき受信データを判定する判定手段と、
を備え、
前記第1基本系列から前記第N基本系列は、シフト量が0での自己相関の相関値の前記第1基本系列から前記第N基本系列に渡る合計が0とは異なり、データの受信に使用する0とは異なるシフト量での自己相関の相関値の前記第1基本系列から前記第N基本系列に渡る合計が0であるとの第1条件を満たす、通信装置。
- [請求項19] 前記第1受信系列から前記第N受信系列それぞれの前記受信タイミングは、互いに異なる、請求項18に記載の通信装置。
- [請求項20] 前記第1受信系列から前記第N受信系列それぞれは周波数に関連付けられており、
前記受信手段は、前記第1受信系列から前記第N受信系列それぞれを、関連付けられた前記周波数で受信する、請求項18又は19に記載の通信装置。
- [請求項21] 前記第1受信系列から前記第N受信系列それぞれに関連付けられて

いる前記周波数は互いに異なる、請求項 20 に記載の通信装置。

[請求項22] 前記第 1 受信系列から前記第 N 受信系列の内の少なくとも 2 つの受信系列に関連付けられている前記周波数は同じであり、

前記少なくとも 2 つの受信系列の前記受信タイミングは、前記少なくとも 2 つの受信系列の受信が重複する期間を有さない様に設定されている、請求項 20 に記載の通信装置。

[請求項23] 前記判定手段は、前記合計値の絶対値が最大となるシフト量に基づき、前記受信データを判定する、請求項 18 から 22 のいずれか 1 項に記載の通信装置。

[請求項24] 前記判定手段は、前記合計値の絶対値が最大となるシフト量と、前記絶対値が最大となる前記合計値と、に基づき、前記受信データを判定する、請求項 18 から 22 のいずれか 1 項に記載の通信装置。

[請求項25] 前記判定手段は、前記合計値の絶対値に基づき所定数のシフト量を判定し、前記所定数のシフト量に基づき、前記受信データを判定する、請求項 18 から 22 のいずれか 1 項に記載の通信装置。

[請求項26] 前記格納手段は、前記 L 個の複素数のシーケンスである第 1 基本系列から第 N 基本系列を含む第 2 基本セットであって、前記第 2 基本セットの前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列は、前記第 1 条件を満たす、前記第 2 基本セットを示す情報をさらに格納し、

前記保持手段は、前記第 1 基本セットに関連付けられた第 1 タイミング情報と、前記第 2 基本セットに関連付けられた第 2 タイミング情報と、を保持しており、

前記判定手段は、前記受信手段が前記第 1 タイミング情報に従い受信した前記第 n 受信系列と前記第 1 基本セットの前記第 n 基本系列との第 1 周期相関を求め、前記第 1 受信系列から前記第 N 受信系列について求めた前記第 1 周期相関の同じシフト量の相関値を合計した合計値に基づき第 1 受信データを判定し、前記受信手段が前記第 2 タイミング情報に従い受信した前記第 n 受信系列と前記第 2 基本セットの前

記第 n 基本系列との第 2 周期相関を求め、前記第 1 受信系列から前記第 N 受信系列について求めた前記第 2 周期相関の同じシフト量の相関値を合計した合計値に基づき第 2 受信データを判定し、

前記第 1 基本セットと前記第 2 基本セットは、前記第 1 基本セットの前記第 n 基本系列と前記第 2 基本セットの前記第 n 基本系列との周期相関の、前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列に渡る同じシフト量での相関値の合計が、データの受信に使用する総てのシフト量において 0 となるとの第 2 条件を満たす、請求項 18 から 25 のいずれか 1 項に記載の通信装置。

[請求項27] 前記第 1 受信データ及び前記第 2 受信データは異なる装置からのデータであり、

前記第 1 タイミング情報及び前記第 2 タイミング情報は同じ情報である、請求項 26 に記載の通信装置。

[請求項28] 前記第 1 受信データ及び前記第 2 受信データは同じ装置からのデータであり、

前記第 1 タイミング情報及び前記第 2 タイミング情報は同じ情報である、請求項 26 に記載の通信装置。

[請求項29] 前記第 1 受信データ及び前記第 2 受信データは異なる装置からのデータであり、

前記第 1 タイミング情報及び第 2 タイミング情報は、同じ周波数で受信する受信系列の受信タイミングが異なる様に設定されている、請求項 26 に記載の通信装置。

[請求項30] 前記第 1 受信データ及び前記第 2 受信データは同じ装置からのデータであり、

前記第 1 タイミング情報及び第 2 タイミング情報は、同じ周波数で受信する受信系列の受信タイミングが異なる様に設定されている、請求項 26 に記載の通信装置。

[請求項31] 1 つ以上のプロセッサを有する装置の前記 1 つ以上のプロセッサで

実行されると、前記装置を請求項 1 から 30 のいずれか 1 項に記載の通信装置として機能させるコンピュータプログラムを格納したコンピュータ可読記憶媒体。

[請求項32]

通信装置による通信方法であって、

送信データに基づきシフト量を判定することと、

L 個 (L は 2 以上の整数) の複素数のシーケンスである第 1 基本系列から第 N 基本系列 (N は、2 以上の整数) それぞれを前記シフト量だけ巡回シフトさせて第 1 シフト系列から第 N シフト系列を生成することと、

系列の送信タイミングを示すタイミング情報に従い、前記第 1 シフト系列から前記第 N シフト系列を送信することと、

を含み、

前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列は、シフト量が 0 での自己相関の相関値の前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列に渡る合計が 0 とは異なり、データの送信に使用する 0 とは異なるシフト量での自己相関の相関値の前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列に渡る合計が 0 であるとの第 1 条件を満たす、通信方法。

[請求項33]

通信装置による通信方法であって、

L 個 (L は 2 以上の整数) の複素数のシーケンスである第 1 基本系列から第 N 基本系列 (N は、2 以上の整数) それぞれに対応する第 1 受信系列から第 N 受信系列の受信タイミングを示すタイミング情報に従い、前記第 1 受信系列から前記第 N 受信系列を受信することと、

第 n 受信系列 (n は、1 から N までの整数) と第 n 基本系列との周期相関を求め、前記第 1 受信系列から前記第 N 受信系列について求めた前記周期相関の同じシフト量の相関値を合計した合計値に基づき受信データを判定することと、

を含み、

前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列は、シフト量が 0 での自己

相関の相関値の前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列に渡る合計が 0 とは異なり、データの受信に使用する 0 とは異なるシフト量での自己相関の相関値の前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列に渡る合計が 0 であるとの第 1 条件を満たす、通信方法。

[請求項 34]

アクセスポイントと、少なくとも 2 つの通信装置と、を含む通信システムであって、

前記少なくとも 2 つの通信装置のそれぞれは、

L 個 (L は 2 以上の整数) の複素数のシーケンスである第 1 基本系列から第 N 基本系列 (N は、2 以上の整数) を含む基本セットを示す情報を格納する格納手段と、

前記アクセスポイントに送信するデータに基づきシフト量を判定し、第 n 基本系列 (n は 1 から N までの整数) を前記シフト量だけ巡回シフトさせて第 n シフト系列を生成することにより、第 1 シフト系列から第 N シフト系列を生成するシフト手段と、

系列の送信タイミングを示すタイミング情報を保持する保持手段と、

前記タイミング情報に従い、前記第 1 シフト系列から前記第 N シフト系列を送信する送信手段と、

を備え、

前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列は、シフト量が 0 での自己相関の相関値の前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列に渡る合計が 0 とは異なり、データの送信に使用する 0 とは異なるシフト量での自己相関の相関値の前記第 1 基本系列から前記第 N 基本系列に渡る合計が 0 であるとの第 1 条件を満たし、

前記少なくとも 2 つの通信装置の内の第 1 通信装置は、前記基本セットとして第 1 基本セットを格納し、前記タイミング情報として第 1 タイミング情報を保持し、

前記少なくとも 2 つの通信装置の内の第 2 通信装置は、前記基本セ

ットとして第2基本セットを格納し、前記タイミング情報として第2タイミング情報を保持し、

前記第1基本セットと前記第2基本セットは、前記第1基本セットの前記第n基本系列と前記第2基本セットの前記第n基本系列との周期相関の、前記第1基本系列から前記第N基本系列に渡る同じシフト量での相関値の合計が、データの送信に使用する総てのシフト量において0となるとの第2条件を満たし、

前記第1タイミング情報が示す前記第1シフト系列から前記第Nシフト系列の送信タイミングは、前記第2タイミング情報が示す前記第1シフト系列から前記第Nシフト系列の送信タイミングと同じである、通信システム。