

(11)特許出願公開番号

特開2008-154285

(P2008-154285A)

(43) 公開日 平成20年7月3日(2008.7.3)

(51) Int.Cl.

F I

テーマコード (参考)

H04L 27/22 (2006.01)

H04 L 27/22

C

5 K 0 0 4

HO4L 7/00 (2006.01)

HO4 L 7/00

F

5 K 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数 5 O.L. (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2008-67265 (P2008-67265)

(22) 出願日 平成20年3月17日 (2008. 3. 17)

(62) 分割の表示 特願2006-259869 (P2006-259869)
の分割

原出願日 平成18年9月26日 (2006. 9. 26)

(31) 優先權主張番号 特願2006-116206 (P2006-116206)

(32) 優先日 平成18年4月19日 (2006. 4. 19)

(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000001122

株式会社日立国際電気

東京都千代田区外神田四丁目14番1号

(74) 代理人 100114937

弁理士 松本 裕幸

(72) 発明者 石川 真衣子

東京都小平市御幸町32番地 株式会社日
立国際電気内

(72) 発明者 小林 岳彦

東京都小平市御幸町32番地 株式会社日
立国際電気内

(72) 発明者 阿部 達也

東京都小平市御幸町32番地 株式会社日
立国際電気内

F ターム (参考) 5K004 AA05 FC02 FG00 FH08

5K047 EE04 GG11 GG25

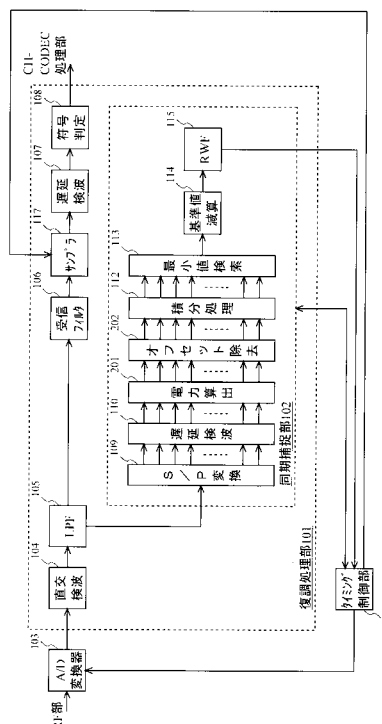
(54) 【発明の名称】 シンボルタイミング検出装置及び無線端末装置

(57) 【要約】

【課題】受信された変調信号のシンボルタイミングを検出して当該変調信号を復調する無線端末装置で、無線通信を行う無線周波数に周波数偏差が生じてても、安定してシンボルタイミングを制御する。

【解決手段】サンプリング手段１０３がシンボル周期より短い周期で変調信号の信号値をサンプリングする。抽出手段１１７が複数のサンプリング点における信号値の中からシンボルタイミングの位置にあるとみなされる信号値を抽出し、復調手段１０７が抽出された信号値について復調を行う。サンプリング点復調手段１１０が各サンプリング点における信号値について復調を行い、値検出手段２０１が各サンプリング点における復調結果の電力値を検出し、シンボルタイミング制御手段１１３～１１６が各サンプリング点における電力値に基づいて抽出手段１１７によりシンボルタイミングであるとみなすタイミングを制御する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

変調信号のシンボルタイミングを検出するシンボルタイミング検出装置において、

シンボル周期より短い周期で前記変調信号の信号値をサンプリングするサンプリング手段と、

前記サンプリング手段によりサンプリングされた各サンプリング点における信号値について復調を行うサンプリング点復調手段と、

前記サンプリング点復調手段により得られた各サンプリング点における復調結果の電力値又は振幅値を検出する値検出手段と、

前記値検出手段により検出された各サンプリング点における値に基づいてシンボルタイミングであるとみなすタイミングを検出するシンボルタイミング検出手段と、

を備えたことを特徴とするシンボルタイミング検出装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載のシンボルタイミング検出装置において、

前記値検出手段により検出された複数のサンプリング点における値について 1 シンボル周期分の最小値がゼロ或いはゼロ付近となるようにシフトさせるオフセット除去手段と、

前記オフセット除去手段によりシフトさせられた各サンプリング点における値を各サンプリング点毎に平均化する平均化手段と、を備え、

前記シンボルタイミング検出手段は、前記平均化手段により得られた平均化結果に基づいてシンボルタイミングであるとみなすタイミングを検出する、

ことを特徴とするシンボルタイミング検出装置。

20

【請求項 3】

受信された変調信号のシンボルタイミングを検出して当該変調信号を復調する無線端末装置において、

シンボル周期より短い周期で前記変調信号の信号値をサンプリングするサンプリング手段と、

前記サンプリング手段によりサンプリングされた複数のサンプリング点における信号値の中からシンボルタイミングの位置にあるとみなされる信号値を抽出する抽出手段と、

前記抽出手段により抽出された信号値について復調を行う復調手段と、

前記サンプリング手段によりサンプリングされた各サンプリング点における信号値について復調を行うサンプリング点復調手段と、

前記サンプリング点復調手段により得られた各サンプリング点における復調結果の電力値又は振幅値を検出する値検出手段と、

前記値検出手段により検出された各サンプリング点における値に基づいて前記抽出手段によりシンボルタイミングであるとみなすタイミングを制御するシンボルタイミング制御手段と、

を備えたことを特徴とする無線端末装置。

30

【請求項 4】

請求項 3 に記載の無線端末装置において、

前記値検出手段により検出された複数のサンプリング点における値について 1 シンボル周期分の最小値がゼロ或いはゼロ付近となるようにシフトさせるオフセット除去手段と、

前記オフセット除去手段によりシフトさせられた各サンプリング点における値を各サンプリング点毎に平均化する平均化手段と、を備え、

前記シンボルタイミング制御手段は、前記平均化手段により得られた平均化結果に基づいて前記抽出手段によりシンボルタイミングであるとみなすタイミングを制御する、

ことを特徴とする無線端末装置。

40

【請求項 5】

請求項 3 又は請求項 4 に記載の無線端末装置において、

前記サンプリング手段によるサンプリングのタイミングを制御するサンプリング制御手段を備えた、

50

ことを特徴とする無線端末装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線機に関するものであり、特にシンボルタイミング同期を行う無線機に関するものである。

具体的には、本発明は、デジタル変調信号の復調処理において、シンボル同期を確立するためのシンボルタイミング検出方法に関し、特に、変調方式が $\pi/4$ シフトQPSK (Quadrature Phase Shift Keying) である場合に関する。

【背景技術】

【0002】

デジタル変調方式の受信機では、受信信号を復調し情報を正確に取得するために、シンボルタイミングの同期を取る必要がある。即ち、送信機でのシンボルタイミングと受信機でのシンボルタイミングの同期が取れていないと、受信機で復調した情報に誤りが含まれてしまう。

【0003】

そこで、シンボルタイミングの同期を取るために、例えば変調方式が $\pi/4$ シフトQPSK方式である場合には、受信信号のベースバンド信号の遅延検波を行い、ベースバンド信号の直交成分（以下Q成分）と同相成分（以下I成分）のゼロクロスタイミングを検出することでシンボルタイミングを検出する方法やこれを応用してシンボルタイミングを検出する方法が利用されている。

このようなシステムとして例えば特許文献1が挙げられる。

【0004】

一例として、無線通信を行う移動体通信システムの無線機において、デジタル変調方式の受信機では、受信信号を復調し情報を正確に取得するために、シンボル同期の確立が前提となる。上述のように、送受信間においてシンボル同期が取れていない場合、受信側で復調した情報には誤りが含まれてしまう。従って、シンボル同期を確立するためのシンボルタイミング検出方法の一例として、変調方式が $\pi/4$ シフトQPSKである場合には、ゼロクロス方法が利用されており、具体的には、デジタル信号に変換された受信信号を、同相成分であるI成分と直交成分であるQ成分の2成分に直交変換し、ゼロクロスする位置からシンボルタイミングを検出する。

このような無線通信システムとして例えば上記した特許文献1が挙げられる。

【0005】

【特許文献1】特開2003-234791号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、上記のような従来技術の場合、原理的に受信機の周波数偏差に対する耐性が弱く、著しく受信信号に周波数偏差が生じると、シンボルタイミングの位置が把握できなくなってしまい、タイミング同期を取ることが難しくなってしまうという問題があった。

また、I/Q成分の位相振幅を利用してタイミング同期を取る場合には、I成分のゼロクロス時が正確に取得できる必要があったため、フェージング等といった何等かの理由によりI成分のゼロクロス時が取得できないとタイミング同期を取る事が出来なくなるという問題もあった。

【0007】

一例として、移動局用受信機の復調処理に含まれるシンボルタイミング検出方法において、上記のような従来技術の場合、I、Q成分のどちらか一方の振幅値においてゼロクロス位置を検出するため、周波数偏差が生じた場合、遅延検波後の位相点がI軸又はQ軸上で遷移してしまうようなことも生じ、ゼロクロスするタイミングを正しく検出することが難しくなるという問題がある。

10

20

30

40

50

具体例として、送信側と受信側とで周波数偏差があると、受信信号を遅延検波して得られる位相点がずれ、例えば、I成分がゼロクロスする位置を検出する場合には、位相点が周波数偏差により回転してQ軸上で振動するようになると、ゼロクロスする位置が検出されず、シンボル点のタイミングを検出することができなくなる。

【0008】

本発明は、上述したような従来の課題を解決するために為されたもので、無線通信を行う無線周波数に周波数偏差が生じて、安定してシンボルタイミングを検出し、タイミング同期を取ることが可能とすることができるシンボルタイミング検出装置や無線端末装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

10

【0009】

上記目的を達成するため、本発明に係るシンボルタイミング検出装置では、次のような構成により、変調信号のシンボルタイミングを検出する。

すなわち、サンプリング手段が、シンボル周期より短い周期（つまり、シンボル周波数より速い周波数）で、前記変調信号の信号値をサンプリングする。サンプリング点復調手段が、前記サンプリング手段によりサンプリングされた各サンプリング点（例えば、1シンボル当たり複数であるN個のサンプリング点の各々）における信号値について復調を行う。値検出手段が、前記サンプリング点復調手段により得られた各サンプリング点における復調結果の電力値（又は、振幅値）を検出する。シンボルタイミング検出手段が、前記値検出手段により検出された各サンプリング点における値（電力値又は振幅値）に基づいて、シンボルタイミングであるとみなすタイミングを検出する。

20

【0010】

従って、各サンプリング点における復調結果の電力値（又は、振幅値）に基づいてシンボルタイミングを検出することにより、例えば、無線通信を行う無線周波数に周波数偏差が生じて、安定してシンボルタイミングを検出することができ、これにより、タイミング同期を取ることが可能とすることができる。

【0011】

ここで、変調方式としては、種々な方式が用いられてもよく、例えば、 $\pi/4$ シフトQPSKが用いられる。また、復調方式としては、変調方式に対応して種々なものが用いられてもよく、例えば、 $\pi/4$ シフトQPSKが用いられる場合には、遅延検波を用いることができる。

30

また、信号としては、例えば、I成分及びQ成分からなる複素信号が用いられる。

また、変調信号をサンプリングする周期としては、種々な周期が用いられてもよく、例えば、シンボル周期に対して複数であるN倍のオーバーサンプリングが行われる。

【0012】

また、各サンプリング点における電力値（又は、振幅値）に基づいてシンボルタイミングを検出する態様としては、種々な態様が用いられてもよく、例えば、シンボルタイミングでは電力値（又は、振幅値）が最大となり、隣り合う2つのシンボルタイミングの中点では電力値（又は、振幅値）が最小となるような信号部分を使用して、各サンプリング点における電力値（又は、振幅値）の大きさに基づいてシンボルタイミングを検出するような態様を用いることができる。

40

【0013】

本発明に係るシンボルタイミング検出装置では、一構成例として、次のような構成とした。

すなわち、オフセット除去手段が、前記値検出手段により検出された複数（例えば、N個）のサンプリング点における値（電力値又は振幅値）について、1シンボル周期分の最小値がゼロ（或いは、ゼロ付近）となるように、シフトさせる。平均化手段が、前記オフセット除去手段によりシフトさせられた各サンプリング点における値（電力値又は振幅値）を各サンプリング点毎に平均化する。前記シンボルタイミング検出手段は、前記平均化手段により得られた平均化結果に基づいて、シンボルタイミングであるとみなすタイミン

50

グを検出する。

【 0 0 1 4 】

従って、各サンプリング点における電力値（又は、振幅値）についてオフセットを除去した後に各サンプリング点毎に平均化し、当該平均化結果に基づいてシンボルタイミングを検出することにより、例えば、平均化を行って雑音などを低減させる場合に、オフセットを除去することもでき、総じて、シンボルタイミングの検出精度を向上させることができる。

【 0 0 1 5 】

ここで、オフセット除去の態様としては、種々な態様が用いられてもよく、例えば、複数（例えば、N個）のサンプリング点における電力値（又は、振幅値）について、1シンボル周期分（例えば、N個）の中の最小値をオフセット値として検出し、検出したオフセット値を当該1シンボル周期分（例えば、N個）の電力値（又は、振幅値）から減算するような態様を用いることができる。

10

また、平均化の態様としては、種々な態様が用いられてもよく、例えば、積分が用いられてもよい。

【 0 0 1 6 】

本発明に係る無線端末装置では、次のような構成により、受信された変調信号のシンボルタイミングを検出して、当該変調信号を復調する。

すなわち、サンプリング手段が、シンボル周期より短い周期（つまり、シンボル周波数より速い周波数）で、前記変調信号の信号値をサンプリングする。

20

抽出手段が、前記サンプリング手段によりサンプリングされた複数のサンプリング点（例えば、1シンボル当たり複数であるN個のサンプリング点）における信号値の中から、シンボルタイミングの位置にあるとみなされる信号値を抽出する。復調手段が、前記抽出手段により抽出された信号値について復調を行う。

また、サンプリング点復調手段が、前記サンプリング手段によりサンプリングされた各サンプリング点（例えば、1シンボル当たり複数であるN個のサンプリング点の各々）における信号値について復調を行う。値検出手段が、前記サンプリング点復調手段により得られた各サンプリング点における復調結果の電力値（又は、振幅値）を検出する。シンボルタイミング制御手段が、前記値検出手段により検出された各サンプリング点における値（電力値又は振幅値）に基づいて、前記抽出手段によりシンボルタイミングであるとみなすタイミングを制御する。

30

【 0 0 1 7 】

従って、各サンプリング点における復調結果の電力値（又は、振幅値）に基づいてシンボルタイミングを制御することにより、例えば、無線通信を行う無線周波数に周波数偏差が生じて、安定してシンボルタイミングを制御し、タイミング同期を取ることができる。

【 0 0 1 8 】

本発明に係る無線端末装置では、一構成例として、次のような構成とした。

すなわち、オフセット除去手段が、前記値検出手段により検出された複数（例えば、N個）のサンプリング点における値（電力値又は振幅値）について、1シンボル周期分の最小値がゼロ（或いは、ゼロ付近）となるように、シフトさせる。平均化手段が、前記オフセット除去手段によりシフトさせられた各サンプリング点における値（電力値又は振幅値）を各サンプリング点毎に平均化する。前記シンボルタイミング制御手段は、前記平均化手段により得られた平均化結果に基づいて、前記抽出手段によりシンボルタイミングであるとみなすタイミングを制御する。

40

【 0 0 1 9 】

従って、各サンプリング点における電力値（又は、振幅値）についてオフセットを除去した後に各サンプリング点毎に平均化し、当該平均化結果に基づいてシンボルタイミングを制御することにより、例えば、平均化を行って雑音などを低減させる場合に、オフセットを除去することもでき、総じて、シンボルタイミングの制御精度を向上させることがで

50

きる。

【 0 0 2 0 】

本発明に係る無線端末装置では、一構成例として、次のような構成とした。

すなわち、サンプリング制御手段が、前記サンプリング手段によるサンプリングのタイミングを制御する。

従って、サンプリングのタイミングを制御することにより、シンボルタイミングの精度を向上させることができる。

【 0 0 2 1 】

ここで、サンプリングのタイミングを制御する態様としては、種々な態様が用いられてもよく、例えば、値検出手段により検出される値（或いは、平均化手段により得られる平均化結果）の1シンボル周期分の最小値が小さく（例えば、最小に）なるように、又は、値検出手段により検出される値（或いは、平均化手段により得られる平均化結果）の1シンボル周期分の最大値が大きく（例えば、最大に）なるように、サンプリングのタイミングを調整するような態様を用いることができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 2 】

以上説明したように、本発明によると、受信信号（復調信号）について、シンボル周期より短い周期でサンプリングし、各サンプリング点における復調結果の電力値（又は、振幅値）に基づいてシンボルタイミングを検出等するようにしたため、例えば、無線通信を行う無線周波数に周波数偏差が生じて、安定してシンボルタイミングを検出等することができる。

また、本発明によると、各サンプリング点における電力値（又は、振幅値）についてオフセットを除去した後に各サンプリング点毎に平均化し、当該平均化結果に基づいてシンボルタイミングを検出等するようにしたため、例えば、平均化を行って雑音などを低減させる場合に、オフセットを除去することもでき、総じて、シンボルタイミングの検出等の精度を向上させることができる。

また、本発明によると、サンプリングのタイミングを制御することにより、シンボルタイミングの検出等の精度を向上させることが可能である。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 3 】

本発明に係る実施例を図面を参照して説明する。

本実施例では、無線端末装置の無線機の復調部に備えられるシンボルタイミング検出装置によりシンボルタイミングを検出する構成例や、その検出結果に基づいて復調部における処理タイミングを制御する構成例を示す。なお、無線機は、例えば送信機と受信機から構成され、復調部は受信機に備えられる。

また、無線端末装置としては、種々なものが用いられてもよく、例えば、携帯電話端末装置のように人により携帯されるものが用いられてもよく、或いは、任意の場所に設置されたようなものが用いられてもよい。

【 0 0 2 4 】

また、本実施例では、デジタル変調方式の一例として / 4 シフト Q P S K の方式を使用する場合を示す。

本例の / 4 シフト Q P S K による変調処理では、Q P S K のシンボルの位相点の角度（45度、135度、-45度、-135度）を前のシンボルの位相点に加えることで次のシンボルの位相点が決定される。この復調処理では、今回のシンボルの位相点と前のシンボルの位相点との角度差を検出し、検出した角度差に対応したQ P S K のシンボル点の情報（データ）を特定する。

【 0 0 2 5 】

通信される信号は、例えば、プリアンプルとデータから構成される。

一例として、 / 4 シフト Q P S K の復調処理で得られるQ P S K のシンボル点が「 0 1 」（+135度）と「 1 0 」（-45度）を交互に繰り返すようにプリアンプルを構成

10

20

30

40

50

し、この場合、理想的には、復調処理により得られる連続した2つのシンボル点(「01」と「10」)の midpoint が I Q 平面上の原点を通過する(ゼロクロスする)ようになり、このタイミングに基づいてシンボル点のタイミングを検出(推定)することができる。

また、データの部分においても、理想的には、復調処理により得られる信号が原点を通過する(ゼロクロスする)点が通常存在するため、このタイミングを検出して、検出したタイミングに基づいてシンボル点のタイミングを検出(推定)することが可能である。

なお、隣接するシンボルタイミングの時間間隔(シンボル周期)は、例えば、予め、送信機と受信機に設定されている。

【実施例1】

【0026】

本発明の第1実施例を説明する。

図1は本発明における無線通信システムの無線機の概要を示したブロック図である。

図1において、101は復調処理部、102は同期捕捉部、103はA/D(Analog to Digital)変換器、104は直交検波部、105はLPF(Low-Pass Filter)、106は受信フィルタ、107は遅延検波部、108は符号判定部、109はS/P(Serial/Parallel)変換部、110は遅延検波部、111は振幅算出部、112は積分処理部、113は最小値検索部、114は基準値減算部、115はRWF(Random Walk Filter)、116はタイミング制御部、117はサンプラである。

【0027】

アンテナ(図示せず)から受信した信号は、RF部を通り、A/D変換器103にてアナログ信号からデジタル信号へと変換される。サンプリング周波数はシンボル周波数のN倍(Nは正の整数)とする。デジタル信号に変換された受信信号は、復調処理部101内に設けられた直交検波部104にて入力信号を直交変換し、同相成分であるI成分と直交成分であるQ成分とに復調する。その後LPF105にて余分な周波数成分を除去し、その出力データを受信フィルタ106と同期捕捉部102のそれぞれへ入力する。受信フィルタ106に入力されたデータは受信フィルタ106にて波形整形を行い、雑音成分を除去する。その後サンプラ117でシンボルタイミングの位置の信号値を抽出する。その後遅延検波部107へ入力され、1シンボル遅延した信号の共役複素と現入力信号との乗算を行い復号信号を取得した後、符号判定部108を介して復号ビットとして出力される。

【0028】

また、同期捕捉部102に入力されたデータはS/P変換部109にてシリアル信号をオーバーサンプリングした分だけ(この場合N個)の平行信号に変換する。平行信号に変換されたN個の信号のそれぞれは遅延検波部110により遅延検波部110内に設けられているメモリに記憶されている1シンボルの遅延データの共役複素と乗算されて振幅算出部111に入力される。振幅算出部111では前段の遅延検波部110にて検出された複素データの振幅値を求め、積分処理部112へ入力される。積分処理部112では、入力されたN個の振幅値各々に対して部分積分処理を行うことにより、N個の振幅値についての平均値を得る。

【0029】

積分処理部112より出力されたデータは最小値検索部113へ入力され、N個のデータから最小値となる値を検索し、最小値を検出する。最小値検索部113には積分処理部112と同様にバッファが設けられており、このバッファの先頭を0とした通し番号(インデックス値)から、最小値が格納されているバッファのインデックス値を検出する。

【0030】

基準値減算処理部114では、バッファの中間になるインデックス値を基準として設定し、上記最小値が格納されているバッファのインデックス値が基準値との差を算出するため、検出したインデックス値から基準値を減算する。基準値減算処理部114により基準値からの差を算出すると、算出した値をRWF115へ入力し、受信信号に含まれる雑音やフェージングの影響により生じる、基準値からの差に含まれる誤差を吸収する。この結

10

20

30

40

50

果として得られた基準値からの差はタイミング制御部 116 に送られ、ここで、この基準値からの差が小さくなるようにタイミングの修正を行い、A/D変換器 103へサンプリング信号を送出する。

また、タイミング制御部 116 は、RWF 115 からの入力に基づいて、サンプラ 117 により信号値を抽出するシンボルタイミングの位置を制御する。

【0031】

以上のことから、本発明の実施の形態によると、シンボルタイミングを検出する際にベースバンド信号におけるIQ成分の振幅最小値の検出処理を行うことでシンボルタイミングを検出する事で周波数偏差が生じても安定した同期捕捉を行う事が可能となる。

本発明の実施の形態によると、無線通信を行う無線周波数に周波数偏差が生じても安定してシンボルタイミングを検出し、タイミング同期を取ることが可能となる無線機を提供することができる。

【0032】

また、本発明の実施の形態では、同期捕捉処理後、同期の確立検証を行っても良く、同期確立検証方法としては予め定められている角度の位相回転を行うことで実施することとしても良く、また、同期確立検証によって算出された周波数偏差を周波数制御に用いても良い。

【0033】

一構成例として、無線通信を行うための無線機において、
該無線機は、信号を復調するための復調手段と、
同期を取るための同期捕捉手段と、
信号のタイミングを調整するためのタイミング制御手段と、を有し、
前記同期捕捉手段は、基準となる値からの差を算出する算出処理を行いクロックの位相補正を行う、ことを特徴とした無線機。

【0034】

一構成例として、無線通信を行うための無線機におけるシンボルタイミング検出方法において、

前記無線機は、少なくとも信号を復調するための復調処理手段と、
同期を取るための同期捕捉手段と、を具備し、
該同期捕捉手段は、基準となる値からの差を検出する検出ステップと、該検出ステップにより検出された基準となる値からの差を基にクロック位相の補正を行う補正ステップと、
からなることを特徴としたシンボルタイミング検出方法。

【実施例 2】

【0035】

本発明の第 2 実施例を説明する。

本例では、受信復調処理におけるシンボル同期方式の一例を説明する。変調方式としては /4シフトQPSKの方式を使用し、1シンボル当たり2ビットの伝送を行う。

図 2 には、無線機の復調部の構成例を示してある。

本例の無線機の復調部は、A/D (Analog to Digital) 変換器 103 と、復調処理部 101 と、タイミング制御部 116 を備えている。復調処理部 101 には、同期捕捉部 102 と、直交検波部 104 と、LPF (Low Pass Filter) 105 と、受信フィルタ 106 と、サンプラ 117 と、遅延検波部 107 と、符号判定部 108 を備えている。同期捕捉部 102 には、S/P (Serial/Parallel) 変換部 109 と、遅延検波部 110 と、電力算出部 201 と、オフセット除去部 202 と、積分処理部 112 と、最小値検索部 113 と、基準値減算部 114 と、RWF (Random Walk Filter) 115 を備えている。

【0036】

本例の無線機の復調部において行われる動作の一例を示す。

アンテナ (図示せず) により受信された信号が、RF (Radio Frequency) 部を介して、A/D変換器 103 に入力される。ここで、受信信号は、送信側におい

10

20

30

40

50

て $\pi/4$ シフトQPSKにより変調されている。

A/D変換器103は、入力された受信信号をアナログ信号からデジタル信号へ変換して直交検波部104へ出力する。ここで、A/D変換器103におけるサンプリング周波数は、シンボル周波数のN倍（Nは正の整数）であるとする。

【0037】

直交検波部104は、A/D変換器103から入力された受信信号（デジタル信号）を直交変換して、同相成分であるI成分と、直交成分であるQ成分に復調し、その結果をLPF105へ出力する。

LPF105は、直交検波部104から入力されたI、Q成分の信号について余分な周波数成分を除去し、その結果を受信フィルタ106と同期捕捉部102のそれぞれへ出力する。

受信フィルタ106は、LPF105から入力されたI、Q成分の信号について波形整形及び雑音成分の除去を行い、その結果をサンプラ117へ出力する。

【0038】

サンプラ117は、受信フィルタ106から入力されたI、Q成分の信号について、シンボルタイミングの位置の信号値（I成分の値及びQ成分の値）を抽出して遅延検波部107へ出力する。ここで、サンプラ117では、予め、シンボル周期がメモリに記憶されており、また、シンボルタイミングの位置がタイミング制御部116により制御される。

ここで、サンプラ117としては、種々な構成のものが用いられてもよく、例えば、1シンボル周期分のN個のサンプル値の中からシンボルタイミングに対応する1つのサンプル値を抽出して出力する構成や、或いは、シンボルタイミングに相当するタイミングにおいてのみ出力をオンとするオンオフスイッチからなる構成などを用いることができる。

【0039】

遅延検波部107は、サンプラ117から入力されるI、Q成分の信号について、当該遅延検波部107の内部メモリに記憶された1シンボル遅延した信号（つまり、1シンボル前の信号）の複素共役と現在の入力信号との乗算を行って復号信号を取得し、取得した復号信号を符号判定部108へ出力する。

符号判定部108は、遅延検波部107から入力された復号信号を判定して復号ビットを取得し、取得した復号ビットを例えばチャネルコーデック（CH-CODEC）処理部へ出力する。

【0040】

また、LPF105から同期捕捉部102に入力された信号はS/P変換部109に入力される。

S/P変換部109は、LPF105から入力されたI、Q成分の信号をシリアル信号からN個の平行信号へ変換して遅延検波部110へ出力する。ここで、本例では、N個の平行信号は、A/D変換器103によりサンプリングされるN個の信号に対応しており、1シンボル周期分の信号となる。

【0041】

遅延検波部110は、S/P変換部109から入力される各平行信号（I、Q成分の信号）について、当該遅延検波部110の内部メモリに記憶された1シンボル遅延した信号（つまり、1シンボル前の信号）の複素共役と現在の入力信号との乗算を行って、当該乗算結果を電力算出部201へ出力する。

電力算出部201は、各平行信号について、前段の遅延検波部110により算出された値に基づいてI成分とQ成分の自乗和（ $I^2 + Q^2$ ）を算出して複素データの電力（本例では、総じてN個）を求めてオフセット除去部202へ出力する。

なお、一般に、電力の平方根を求めると振幅となるため、本例の電力算出部201と図1に示される振幅算出部111とは、電力の値又は振幅の値の大小関係を判定する場合には、実質的には同様な値を求めている。

【0042】

ここで、本例では、遅延検波部110による遅延検波により受信信号に施された $\pi/4$

10

20

30

40

50

シフト Q P S K の変調が復調され、その復調結果の電力が電力算出部 2 0 1 により求められる。この復調結果は、シンボルタイミングでは Q P S K のシンボル点に相当し、シンボルタイミング以外では隣り合う Q P S K のシンボル点を結ぶ線上のいずれかの信号点に相当する。例えば、復調後の Q P S K のシンボル点として「0 1」と「1 0」を交互に繰り返すプリアンプルの受信信号部分では、シンボルタイミングで電力が最大となり、隣り合うシンボルタイミングの midpoint で電力が最小となる。また、プリアンプル以外のデータの受信信号部分においても、例えば「0 1」と「1 0」が隣り合うところ或いは「1 1」(+ 45 度)と「0 0」(- 135 度)が隣り合うところがあると、その midpoint で電力が最小となる。

【0 0 4 3】

オフセット除去部 2 0 2 は、電力算出部 2 0 1 から入力された各パラレル信号の電力(本例では、総じて N 個の電力)の値に基づいて、これらの電力値の中から最小値をオフセット値として検索し、この電力の最小値がゼロになるように各パラレル信号の電力値からオフセット値を減算し、各パラレル信号の減算結果を積分処理部 1 1 2 へ出力する。

【0 0 4 4】

図 3 (a) には、電力の変動が小さいときについて、オフセット除去の前後における各パラレル信号の電力値の一例を示してある。

図 3 (b) には、電力の変動が大きいときについて、オフセット除去の前後における各パラレル信号の電力値の一例を示してある。

これらの各グラフでは、電力を表す曲線の左端と右端が隣り合うシンボル点に相当し、曲線の midpoint が隣り合うシンボル点の midpoint に相当する。また、各グラフの曲線は 1 シンボル周期分を表している。

図 3 (b) に示されるように、シンボル点が原点付近を通過して遷移した場合には、電力の変動が大きく、シンボルタイミングを検出することが容易であるが、図 3 (a) に示されるように、例えば周波数偏差や雑音などにより、シンボル点が原点付近を通過しないで遷移した場合には、シンボルタイミングを検出する信号として信頼性が低いと考えられるため、本例では、オフセット除去部 2 0 2 により、電力の最小値がゼロとなるようにオフセットを除去して、電力の変動が大きい信号を強調する。

【0 0 4 5】

積分処理部 1 1 2 は、オフセット除去部 2 0 2 から入力された各パラレル信号の電力値(オフセット除去後の電力値)の各々について積分処理を行って、これら各電力値(本例では、総じて N 個の電力値の各々)の平均値(本例では、平均値として積分値を用いている)を取得し、取得した平均値を最小値検索部 1 1 3 へ出力する。この積分処理により、雑音を除去することができる。

ここで、本例では、積分処理の好ましい態様例として、部分積分処理を用いている。複数の信号値の部分積分処理では、例えば、 $0 < \alpha < 1$ として、既に得られている前回の積分結果に $(1 - \alpha)$ を乗算した結果と今回の新たな信号値に α を乗算した結果とを加算し、当該加算結果を今回の新たな積分結果とする。

【0 0 4 6】

最小値検索部 1 1 3 は、積分処理部 1 1 2 から入力された各パラレル信号の電力の平均値(本例では、総じて N 個の電力平均値)をそれぞれバッファに格納し、これら複数の電力平均値の中から最小値を検索し、当該最小値に相当する電力平均値が格納されているバッファのインデックス値を検出し、その検出結果(インデックス値)を基準値減算部 1 1 4 へ通知する。ここで、本例では、インデックス値とは、前記したバッファの先頭を 0 とした通し番号であり、N 個のパラレル信号の中の 1 ~ N 番目についてそれぞれ 1 ~ N のインデックス値が割り当てられる。

【0 0 4 7】

基準値減算部 1 1 4 は、最小値検索部 1 1 3 から入力されたインデックス値(最小値に相当する電力平均値が格納されているバッファのインデックス値)の情報に基づいて、電力平均値の最小値が格納されているバッファのインデックス値と所定の基準値との差を算

10

20

30

40

50

出するために、当該インデックス値から当該基準値を減算し、当該減算結果を R W F 1 1 5 へ出力する。ここで、本例では、前記したバッファの中間になるインデックス値を基準値として設定し、具体的には、0 ~ N 番目のインデックス値を用いる場合には、N が偶数であれば $N / 2$ を基準値とし、N が奇数であれば $(N + 1) / 2$ 又は $(N - 1) / 2$ を基準値とする。

【0048】

R W F 1 1 5 は、基準値減算部 1 1 4 から入力された値についてフィルタリング処理を行い、その結果をタイミング制御部 1 1 6 へ出力する。このフィルタリングにより、受信信号に含まれる雑音やフェージングの影響により生じる、基準値からの差に含まれる誤差を吸収する。

10

ここで、本例では、R W F 1 1 5 は、入力値を順次加算するようにレジスタに格納し、当該レジスタ値が所定の正の閾値 (+ L) を超えた場合にはその旨を示す値 (例えば、+ 1) をタイミング制御部 1 1 6 へ出力して当該レジスタ値をゼロにクリアし、当該レジスタ値が所定の負の閾値 (- L) 未満となった場合にはその旨を示す値 (例えば、- 1) をタイミング制御部 1 1 6 へ出力して当該レジスタ値をゼロにクリアする。

【0049】

タイミング制御部 1 1 6 は、R W F 1 1 5 からの入力に基づいて、サンプラ 1 1 7 により信号値を抽出するシンボルタイミングの位置を制御する。

また、タイミング制御部 1 1 6 は、例えば、サンプラ 1 1 7 におけるシンボルタイミングの位置をずらした分だけ、同期捕捉部 1 0 2 の基準値減算部 1 1 4 で使用される基準値又はバッファのインデックス値 (最小値検索部 1 1 3 で使用されるインデックス値) の番号をずらすように制御する。

20

【0050】

一例として、タイミング制御部 1 1 6 は、R W F 1 1 5 からの入力に基づいて、電力平均値の最小値が格納されているバッファのインデックス値から基準値を減算した差が正の方向で大きくなった場合 (例えば、R W F 1 1 5 から + 1 が入力された場合) には、サンプラ 1 1 7 におけるシンボルタイミングが 1 サンプル分遅れるように制御するとともに、基準値演算部 1 1 4 で使用する基準値が 1 サンプル分遅れるように (つまり、電力平均値の最小値が格納されているバッファのインデックス値が基準値に近づくように) 制御する。同様に、タイミング制御部 1 1 6 は、R W F 1 1 5 からの入力に基づいて、電力平均値の最小値が格納されているバッファのインデックス値から基準値を減算した差が負の方向で大きくなった場合 (例えば、R W F 1 1 5 から - 1 が入力された場合) には、サンプラ 1 1 7 におけるシンボルタイミングが 1 サンプル分早まるように制御するとともに、基準値演算部 1 1 4 で使用する基準値が 1 サンプル分早まるように (つまり、電力平均値の最小値が格納されているバッファのインデックス値が基準値に近づくように) 制御する。この場合、初期値において、基準値減算部 1 1 4 で使用する基準値のタイミングとサンプラ 1 1 7 における隣り合うシンボルタイミングの midpoint とを一致させておくと、その後もこれらのタイミングが一致することから、電力平均値の最小値が格納されているバッファのインデックス値と基準値とを近づけるように (つまり、これらの差が小さくなるように) 制御することで、適切なシンボルタイミングをサンプラ 1 1 7 に設定することができる。

30

40

【0051】

また、タイミング制御部 1 1 6 は、A / D 変換器 1 0 3 に対してサンプリングのタイミングを指示する信号を出力することにより、A / D 変換器 1 0 3 におけるサンプリングのタイミングを制御することも可能である。一例として、タイミング制御部 1 1 6 は、最小値検索部 1 1 3 により検出される電力平均値の最小値 (本例では、N 個の電力平均値の中の最小値) がより小さくなるように (好ましくは、最小となるように) A / D 変換器 1 0 3 におけるサンプリングのタイミングを制御することにより、シンボルタイミングの微調整を行うことができる。

【0052】

以上のように、本例のシンボルタイミング検出方法では、 / 4 シフト Q P S K の変調

50

方式に対応した受信機において、シンボル周波数の N 倍（ N は正の整数）のサンプリング周波数でオーバーサンプリングされた受信信号 $x(n)$ を生成し、その S/P 変換後に、各サンプリング点について、受信信号 $x(n)$ の遅延検波結果 $v(n) = x(n) \cdot x^*(n - N)$ を演算し、当該遅延検波結果の実部と虚部の自乗和から電力 $|v(n)|^2$ を算出し、この電力の最小値がゼロになるようにオフセット除去し、過去の電力との平均（本例では、積分）を取った後に、 N 個のサンプリング点の中で電力の最小値（理想的な場合におけるゼロクロスの位置であり、隣り合うシンボルタイミングの中点）を検出し、この電力の最小値が検出されたサンプリング点のインデックス値と基準値との差に基づいてタイミング調整を行うことにより、シンボル同期を確立する。

【0053】

従って、本例では、無線通信を行う無線周波数に周波数偏差が生じても、安定してシンボルタイミングを検出してシンボル同期を取ることが可能となる。

例えば、本例では、電力算出部201において、 I 、 Q 成分の両方を反映させた値（本例では、電力）を算出して用いることにより、周波数偏差が生じた場合においても、電力は変化しないことから、シンボルタイミングを正しく検出することができる。

また、本例では、オフセット除去部202において、各パラレル信号について、電力の最小値がゼロになるように電力の値からオフセット値を減算することにより、例えば、電力の変動が大きいときに積分処理部112に入力される値を大きくすることができ、つまりシンボルタイミングの検出に有効な信号を強調することができ、これにより、シンボルタイミングの検出精度を高めることができる。なお、オフセット除去は、平均化（本例では、積分）より前段で行っている。

【0054】

ここで、本例の同期捕捉部102では、最小値検索部113により N 個の電力平均値の中の最小値を検索することで、隣り合う2つのシンボルタイミングの位置の中点を検索する構成を示したが、他の構成例として、最小値検索部113の代わりに最大値検索部を設けて、最大値検索部により N 個の電力平均値の中の最大値を検索することで、シンボルタイミングの位置を検索するような構成を用いることも可能である。このような最大値検索部を用いる場合、例えば、タイミング制御部116は、 RWF 115からの入力に基づいてサンブラ117におけるシンボルタイミングの位置を制御し、また、サンブラ117におけるシンボルタイミングの位置と基準値減算部114で使用される基準値とを合わせるようにして、 N 個の電力平均値の中の最大値に相当するバッファのインデックス値が基準値に近づくようにする。また、一例として、タイミング制御部116は、最大値検索部により検出される電力平均値の最大値（本例では、 N 個の電力平均値の中の最大値）がより大きくなるように（好ましくは、最大となるように） A/D 変換器103におけるサンプリングのタイミングを制御することにより、シンボルタイミングの微調整を行うことができる。

【0055】

なお、本例の無線機の復調部では、 A/D 変換器103によりサンプリングを行う機能によりサンプリング手段が構成されており、サンブラ117によりシンボルタイミングの位置にあるとみなされる信号値を抽出する機能により抽出手段が構成されており、遅延検波部107により当該抽出された信号値を復調（本例では、遅延検波）する機能により復調手段が構成されている。また、本例では、遅延検波部110により各サンプリング点毎に信号値を復調（本例では、遅延検波）する機能によりサンプリング点復調手段が構成されており、電力算出部201（又は、図1に示される振幅算出部111）により各サンプリング点における電力値（又は、振幅値）を検出する機能により値検出手段が構成されており、オフセット除去部202により電力値（又は、振幅値）のオフセットを除去する機能によりオフセット除去手段が構成されており、積分処理部112によりオフセット除去後の電力値（又は、振幅値）に対して積分処理（平均化の一例）を行う機能により平均化手段が構成されており、最小値検索部113や基準値減算部114や RWF 115による処理結果に基づいてタイミング制御部116がシンボルタイミングを検出する機能により

10

20

30

40

50

シンボルタイミング検出手段が構成されており、タイミング制御部 116 がシンボルタイミングの検出結果に基づいてサンプラ 117 におけるシンボルタイミングを制御する機能によりシンボルタイミング制御手段が構成されており、タイミング制御部 116 が A/D 変換器 103 によるサンプリングのタイミングを制御する機能によりサンプリング制御手段が構成されている。

【0056】

ここで、本発明に係るシステムや装置などの構成としては、必ずしも以上に示したものに限られず、種々な構成が用いられてもよい。また、本発明は、例えば、本発明に係る処理を実行する方法或いは方式や、このような方法や方式を実現するためのプログラムや当該プログラムを記録する記録媒体などとして提供することも可能であり、また、種々なシステムや装置として提供することも可能である。

また、本発明の適用分野としては、必ずしも以上に示したものに限られず、本発明は、種々な分野に適用することが可能なものである。

また、本発明に係るシステムや装置などにおいて行われる各種の処理としては、例えばプロセッサやメモリ等を備えたハードウェア資源においてプロセッサが ROM (Read Only Memory) に格納された制御プログラムを実行することにより制御される構成が用いられてもよく、また、例えば当該処理を実行するための各機能手段が独立したハードウェア回路として構成されてもよい。

また、本発明は上記の制御プログラムを格納したフロッピー（登録商標）ディスクや CD (Compact Disc) - ROM 等のコンピュータにより読み取り可能な記録媒体や当該プログラム（自体）として把握することもでき、当該制御プログラムを当該記録媒体からコンピュータに入力してプロセッサに実行させることにより、本発明に係る処理を遂行させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図1】本発明の第1実施例に係る無線機の復調部の構成例を示す図である。

【図2】本発明の第2実施例に係る無線機の復調部の構成例を示す図である。

【図3】オフセット除去部による処理の一例を示す図である。

【符号の説明】

【0058】

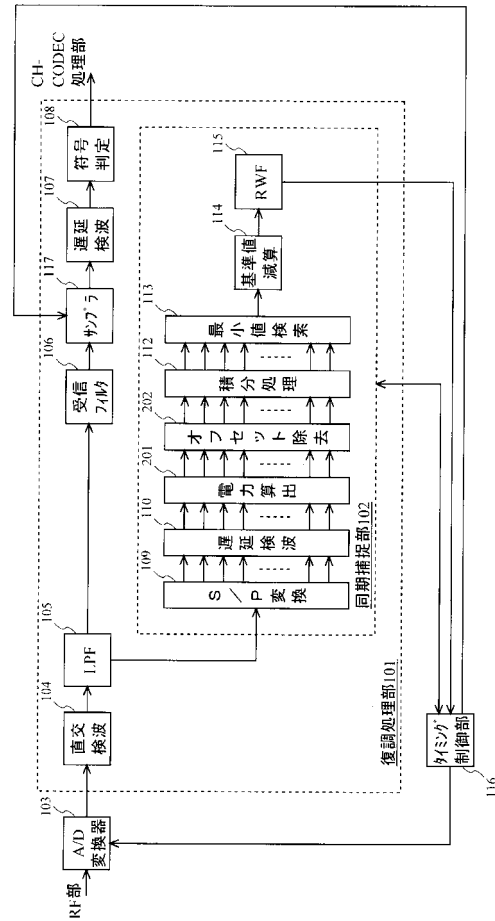
101・・・復調処理部、 102・・・同期捕捉部、 103・・・A/D変換器、 104・・・直交検波部、 105・・・LPF、 106・・・受信フィルタ、 107・・・遅延検波部、 108・・・符号判定部、 109・・・S/P変換部、 110・・・遅延検波部、 111・・・振幅算出部、 112・・・積分処理部、 113・・・最小値検索部、 114・・・基準値減算部、 115・・・RWF、 116・・・タイミング制御部、 117・・・サンプラ、 201・・・電力算出部、 202・・・オフセット除去部、

10

20

30

【 図 2 】



(a)電力の変動が小さいとき

