

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-93490

(P2007-93490A)

(43) 公開日 平成19年4月12日(2007.4.12)

(51) Int. Cl. F I テーマコード(参考)
GO 1 S 3/14 (2006.01) GO 1 S 3/14 5 J O 7 O
GO 1 S 7/285 (2006.01) GO 1 S 7/285 Z

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2005-285606 (P2005-285606)
 (22) 出願日 平成17年9月29日(2005.9.29)

(71) 出願人 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 100109900
 弁理士 堀口 浩
 (72) 発明者 西谷 嘉彦
 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
 式会社東芝小向工場内
 (72) 発明者 松原 勝行
 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
 式会社東芝小向工場内
 Fターム(参考) 5J070 AA02 AC13 AF06 AH31 AH34
 AH35 AH40 AH45 AK22

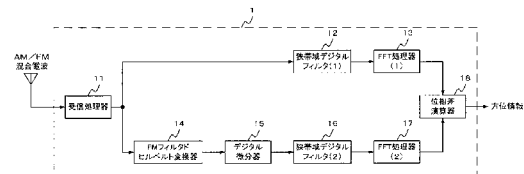
(54) 【発明の名称】 AM/FM混合信号処理装置

(57) 【要約】

【課題】 地上の送信局からのAM/FM混合電波を受信して信号処理する際に、外乱要因を含め演算誤差要因を減らして良好な精度を有する方位情報を得るとともに、処理速度を向上させたAM/FM混合信号処理装置を得る。

【解決手段】 受信したAM/FM混合電波から位相情報を含む可変位相信号及び基準位相信号を抽出する際に、これらの信号周波数を中心周波数とする狭帯域デジタルフィルタ(1)12、及び狭帯域デジタルフィルタ(2)16を設け、受信処理されたデジタル信号中からこれらフィルタによって不要な周波数成分を大幅に減衰させた後にFFT処理を施す。また、これら2つの狭帯域デジタルフィルタをいずれもIIR型の構成とし、より少ないタップ数で良好な狭帯域特性を得る。加えて、基準位相信号の抽出処理を実行する系統では、FMフィルタドヒルベルト変換器14により、副搬送波のフィルタリングとヒルベルト変換とを同時に実現する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定周波数の可変位相信号とこの信号と同じ周波数の基準位相信号で周波数変調された副搬送波との和により振幅変調された送信波を受信処理し、前記可変位相信号と前記基準位相信号との位相差に基づいて方位情報を取得する A M / F M 混合信号処理装置であって、

前記送信波を受信処理し検波済みのデジタル信号を出力する受信処理器と、

この検波済みのデジタル信号の中から前記所定周波数の可変位相信号の周波数成分を通過させる第 1 の狭帯域フィルタと、

この第 1 の狭帯域フィルタを通過したデジタル信号に対して高速フーリエ変換処理を施し位相情報を含む前記可変位相信号を抽出する第 1 の F F T 処理器と、

前記検波済みのデジタル信号の中から前記基準位相信号で周波数変調された副搬送波の周波数帯域を通過させるとともに通過後のデジタル信号に対しヒルベルト変換処理を行ない出力する F M フィルタドヒルベルト変換器と、

この F M フィルタドヒルベルト変換器から出力されるデジタル信号を微分して出力する微分器と、

このデジタル微分器から出力されるデジタル信号の中から前記所定周波数の基準位相信号の周波数成分を通過させる第 2 の狭帯域フィルタと、

この第 2 の狭帯域フィルタを通過したデジタル信号に対して高速フーリエ変換処理を施し位相情報を含む前記基準位相信号を抽出する第 2 の F F T 処理器と、

前記第 1 の F F T 処理器により抽出された前記位相情報を含む可変位相信号と前記第 2 の F F T 処理器により抽出された前記位相情報を含む基準位相信号との位相差に基づいて方位情報を算出する位相差演算器と

を有することを特徴とする A M / F M 混合信号処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、地上の送信局からの A M / F M 混合電波を機上にて受信処理し方位情報を取得する A M / F M 混合信号処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

V H F 帯の A M / F M 混合電波を用い、地上局から航空機に対して磁方位情報を提供する電波誘導施設が知られている。地上局から送信される V H F 帯の A M / F M 混合電波には、受信地点の方位によって位相の変化する所定周波数の可変位相信号と、全方向で一定の位相を有する所定周波数の基準位相信号とが含まれる。すなわち、一般には 3 0 H z の可変位相信号と、同じく 3 0 H z の基準位相信号で周波数変調された副搬送波信号との和により振幅変調された V H F 帯の信号が送信される。機上ではこれら基準位相信号と可変位相信号の位相差に基づいて自身の磁方位情報を得ている。

【0003】

地上の送信局からの A M / F M 混合電波を機上にて受信処理し方位情報を取得する A M / F M 混合信号処理装置の一例を図 3 に示す。この図 3 に示す A M / F M 混合信号処理装置 3 0 は、受信処理器 3 1、F F T 処理器 (1) 3 2、フィルタ 3 3、F M 検波器 3 4、F F T 処理器 (2) 3 5、及び位相差演算器 3 6 から構成されている。受信処理器 3 1 は、地上の送信局からの A M / F M 混合電波を受信処理し、検波済みのデジタル信号を出力する。F F T 処理器 (1) 3 2 は、受信処理器 3 1 からのデジタル信号に対して高速フーリエ変換処理を行ない、振幅変調波としての可変位相信号を抽出する。

【0004】

フィルタ 3 3 は、基準位相信号で周波数変調された副搬送波信号を通過させ、F M 検波器 3 4 は、このフィルタ 3 3 からの信号を F M 検波する。F F T 処理器 (2) 3 5 は、F M 検波器 3 4 からの信号に対して高速フーリエ変換処理を行ない、基準位相信号を抽出す

10

20

30

40

50

る。位相差演算器 36 は、FFT 処理器 (1) 32 で抽出された可変位相信号と、FFT 処理器 (2) 35 で抽出された基準位相信号との位相差を算出し方位情報を出力する。

【0005】

上述のように構成された従来の AM/FM 混合信号処理装置 30 では、受信された AM/FM 混合電波は受信処理器 31 で受信処理された後、この信号中の可変位相信号が FFT 処理器 (1) 32 で抽出される。一方、基準位相信号は、フィルタ 33、FM 検波器 34、及び FFT 処理器 (2) 35 による一連の信号処理によって抽出される。そして、位相差演算器 36 においてこれら可変位相信号と基準位相信号との位相差が算出される。算出結果は、方位情報として後段の機器に送出される。

【0006】

なお、上述した従来の AM/FM 混合信号処理装置は、例えば、下記の特許文献 1 に開示されている。

【特許文献 1】特開 2001-343440 号公報 (第 7 ページ、図 4)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、フーリエ級数展開では、解析対象の信号を基本周波数とその高次周波数の信号からなる無限級数に展開することによって、時間領域から周波数領域に写像する。上述した FFT 処理器 (1) 32、及び FFT 処理器 (2) 35 での FFT 処理においても、受信処理器 31 から送出される時間領域の信号を周波数領域に写像する。

【0008】

しかしながら、受信処理器 31 から送出されるデジタル信号は、所定の周期でサンプリングされた信号であり、解析される周波数もサンプリング周波数を基準とした有限の高次周波数の範囲となる上、これら解析される周波数の集まりのみで構成されていない。このため、これらの FFT 処理器 (1) 32、及び FFT 処理器 (2) 35 から抽出された可変位相信号及び基準位相信号には、それぞれに FFT 処理による誤差が含まれることになり、この後に位相差演算器 36 において算出されたこれら 2 信号間の位相差にも誤差を生じ、方位情報の精度を劣化させていた。

【0009】

また、例えば自身の移動等によって電波受信環境が頻繁に変化する中であっては、受信信号にマルチパスによる外乱が発生する。このような外乱を受けた場合には、受信された AM/FM 混合電波に対してマルチパスによる不規則な振幅変調が加わって不要な周波数成分が生じ、FFT 処理及びその後の位相差演算時における誤差となって方位情報の精度を劣化させていた。

【0010】

さらに、上述した FFT 処理やフィルタ処理等の信号処理では、大量のデータ処理を伴う演算を繰り返しかえし実行する。このため、高速演算が可能な専用のプロセッサを用いても処理時間を短縮することが困難であり、演算負荷を軽減することによって高速化することが望まれていた。

【0011】

本発明は、上述の事情を考慮してなされたものであり、地上の送信局からの AM/FM 混合電波を受信して信号処理する際に、演算誤差要因を減らして良好な精度の方位情報を得るとともに、処理速度を向上させた AM/FM 混合信号処理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】

【0012】

上記目的を達成するために、本発明の AM/FM 混合信号処理装置は、所定周波数の可変位相信号とこの信号と同じ周波数の基準位相信号で周波数変調された副搬送波との和により振幅変調された送信波を受信処理し、前記可変位相信号と前記基準位相信号との位相差に基づいて方位情報を取得する AM/FM 混合信号処理装置であって、前記送信波を受

10

20

30

40

50

信処理し検波済みのデジタル信号を出力する受信処理器と、この検波済みのデジタル信号の中から前記所定周波数の可変位相信号の周波数成分を通過させる第1の狭帯域フィルタと、この第1の狭帯域フィルタを通過したデジタル信号に対して高速フーリエ変換処理を施し位相情報を含む前記可変位相信号を抽出する第1のFFT処理器と、前記検波済みのデジタル信号の中から前記基準位相信号で周波数変調された副搬送波の周波数帯域を通過させるとともに通過後のデジタル信号に対しヒルベルト変換処理を行ない出力するFMフィルタドヒルベルト変換器と、このFMフィルタドヒルベルト変換器から出力されるデジタル信号を微分して出力する微分器と、このデジタル微分器から出力されるデジタル信号の中から前記所定周波数の基準位相信号の周波数成分を通過させる第2の狭帯域フィルタと、この第2の狭帯域フィルタを通過したデジタル信号に対して高速フーリエ変換処理を施し位相情報を含む前記基準位相信号を抽出する第2のFFT処理器と、前記第1のFFT処理器により抽出された前記位相情報を含む可変位相信号と前記第2のFFT処理器により抽出された前記位相情報を含む基準位相信号との位相差に基づいて方位情報を算出する位相差演算器とを有することを特徴とする。

10

【発明の効果】**【0013】**

本発明によれば、地上の送信局からのAM/FM混合電波を受信して信号処理する際に、演算誤差要因を減らして良好な精度を有する方位情報を得るとともに、処理速度を向上させたAM/FM混合信号処理装置を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

20

【0014】

以下に、本発明に係るAM/FM混合信号処理装置を実施するための最良の形態について、図1及び図2を参照して説明する。

【実施例1】**【0015】**

図1は、本発明に係るAM/FM混合信号処理装置の一実施例を示すブロック図である。この図1に例示したAM/FM混合信号処理装置1は、受信処理器11、第1の狭帯域フィルタとしての狭帯域デジタルフィルタ(1)12、第1のFFT処理器としてのFFT処理器(1)13、FMフィルタドヒルベルト変換器14、デジタル微分器15、第2の狭帯域フィルタとしての狭帯域デジタルフィルタ(2)16、第2のFFT処理器としてのFFT処理器(2)17、及び位相差演算器18から構成されている。

30

【0016】

受信処理器11は、地上の送信局からのAM/FM混合電波を受信処理して検波済みのデジタル信号を出力する。狭帯域デジタルフィルタ(1)12は、受信処理器11からのデジタル信号中から可変位相信号の周波数成分を通過させる狭帯域のバンドパスフィルタであり、その構成の一例を図2に示す。本実施例においては、図2に例示したように、このデジタルフィルタは、IIR(Infinitesimal Impulse Response)型として構成されており、より低次で良好な狭帯域特性を得るとともに、タップ数を減らすことができるので、演算負荷を軽減して高速処理を可能にしている。FFT処理器(1)13は、狭帯域デジタルフィルタ(1)12を通過したデジタル信号に対して高速フーリエ変換処理を行ない、位相情報を含む可変位相信号を抽出する。

40

【0017】

FMフィルタドヒルベルト変換器14は、受信処理器11からのデジタル信号中から、基準位相信号によって周波数変調された副搬送波の周波数帯域を通過させるとともに、ヒルベルト変換処理を行なう。本実施例においては、入力されるデジタル信号を高速フーリエ変換し、そのマイナスの周波数成分をゼロにするとともに、プラスの周波数成分のうち、通過させるべき周波数変調された副搬送波の周波数帯域以外もゼロにした後に逆高速フーリエ変換を行なうことにより実現している。すなわち、副搬送波のフィルタリングとヒルベルト変換とを同時に行なうことにより高速処理を可能にしている。

【0018】

50

デジタル微分器 15 は、FM フィルタドヒルベルト変換器 14 の処理結果に対してデジタル微分を行なう。本実施例においては、下記の式 (1) によりデジタル微分を実現している。

【数 1】

$$\text{微分値} = \frac{(I_n \cdot I_{n-1} + Q_{n-1} \cdot Q_n)^2}{(I_n^2 + Q_n^2) \cdot (I_{n-1}^2 + Q_{n-1}^2)} \quad \dots (1)$$

I_{n-1} : 実数部1サンプル前データ
 Q_{n-1} : 虚数部1サンプル前データ
 I_n : 実数部サンプルデータ
 Q_n : 虚数部サンプルデータ

10

【0019】

また、FM フィルタドヒルベルト変換器 14 とこのデジタル微分器 15 とで、周波数変調された副搬送波を FM 検波している。

【0020】

狭帯域デジタルフィルタ (2) 16 は、FM 検波されたデジタル微分器 15 からのデジタル信号中から基準位相信号の周波数成分を通過させる狭帯域のバンドパスフィルタである。本実施例においては、この狭帯域デジタルフィルタ (2) 16 は、図 2 に例示した狭帯域デジタルフィルタ (1) 12 と同様に IIR 型で構成されており、良好な狭帯域特性と演算負荷を軽減した高速なフィルタ処理を実現している。

20

【0021】

FFT 処理器 (2) 17 は、狭帯域デジタルフィルタ (2) 16 を通過したデジタル信号に対して高速フーリエ変換処理を行ない、位相情報を含む基準位相信号を抽出する。位相差演算器 18 は、FFT 処理器 (1) 13 で抽出された可変位相信号と、FFT 処理器 (2) 17 で抽出された基準位相信号との位相差に基づいて方位情報を算出し出力する。

【0022】

次に、前述の図 1 を参照して、上述のように構成された本発明に係る AM/FM 混合信号処理装置 1 の動作を説明する。まず地上の送信局からの AM/FM 混合電波が受信処理器 11 で受信される。地上の送信局からの AM/FM 混合電波は、下記の式 (2) のように表される。

30

【数 2】

$$EP(\theta) = I_c(1 + m_1 \cdot \sin(2\pi f_1 \cdot t) + m_2 \cdot \cos\{2\pi f_2 \cdot t - m_3 \cdot \cos(2\pi f_1 \cdot t + \theta)\}) \quad \dots (2)$$

I_c : 搬送波
 m_1 : 振幅変調成分の変調度
 m_2 : 周波数変調成分の変調度
 m_3 : 周波数変調指数
 f_1 : 変調周波数 (30Hz)
 f_2 : 副搬送波周波数 (9960Hz)

40

【0023】

ここに、電波誘導施設においては、変調周波数 f_1 は 30 Hz、また副搬送波周波数 f_2 は 9960 Hz である。すなわち、地上の送信局からの AM/FM 混合電波は、可変位相信号としての 30 Hz の変調波と、同じく 30 Hz の基準位相信号としての変調波で周波数変調された 9960 Hz の副搬送波との和により振幅変調されている。

【0024】

受信された AM/FM 混合電波は、受信処理器 11 にて増幅、周波数変換、フィルタリング等の受信処理が施された後に包絡線検波される。検波後に得られる信号の電圧式は下記の式 (3) のように表される。

50

【数 3】

$$VP(\theta) = A \cdot (1 + m_1 \cdot \sin(2\pi f_1 \cdot t) + m_2 \cdot \cos[2\pi f_2 \cdot t - m_3 \cdot \cos(2\pi f_1 \cdot t + \theta)]) \quad \dots(3)$$

【0025】

すなわち、この検波後の信号には、周波数 f_1 (30 Hz に相当) の可変位相信号の成分と、同じく周波数 f_1 (30 Hz に相当) の基準位相信号で周波数変調された周波数 f_2 (9960 Hz に相当) の副搬送波の成分とが含まれる。この信号はさらに A/D 変換され、検波済みのデジタル信号として狭帯域デジタルフィルタ (1) 12、及び FM フィルタドヒルベルト変換器 14 へ、それぞれ送出される。ここに、狭帯域デジタルフィルタ (1) 12 は、可変位相信号の抽出処理を実行する系統の初段であり、また FM フィルタドヒルベルト変換器 14 は、基準位相信号の抽出処理を実行する系統の初段である。以下に、それぞれの系統毎に動作を説明する。

10

【0026】

可変位相信号の抽出処理を実行する系統では、受信処理器 11 からのデジタル信号は、まず狭帯域デジタルフィルタ (1) 12 によって受けとられる。狭帯域デジタルフィルタ (1) 12 は、可変位相信号の周波数を中心周波数とする狭帯域のフィルタである。このフィルタによって、受信処理器 11 からのデジタル信号中から、可変位相信号の周波数以外の不要な周波数成分を大幅に減衰させている。フィルタ通過後のデジタル信号は、FFT 処理器 (1) 13 に送出される。

【0027】

FFT 処理器 (1) 13 では、このフィルタ後のデジタル信号を受けとって FFT 処理を施し、位相情報を含む可変位相信号を抽出する。このときに不要な周波数成分は大幅に減衰しているので、FFT 処理における演算誤差要因を減らして良好な抽出結果を得ている。抽出された可変位相信号は、位相情報を含めて位相差演算器 18 に送出される。

20

【0028】

一方、基準位相信号の抽出処理を実行する系統では、受信処理器 11 からのデジタル信号は、まず FM フィルタドヒルベルト変換器 14 によって受けとられる。この FM フィルタドヒルベルト変換器 14 では、受信処理器からのデジタル信号の中から、基準位相信号によって周波数変調された副搬送波の周波数帯域を通過させると同時に、ヒルベルト変換処理を行なう。これら処理後の信号は、さらにデジタル微分器 15 により微分され、副搬送波が FM 検波される。

30

【0029】

この検波後の信号には、30 Hz の基準位相信号の成分が含まれているので、さらにこの信号は、基準位相信号の周波数を中心とする狭帯域デジタルフィルタ (2) 16 を通過して不要な周波数成分が除去された上で、FFT 処理器 (2) に送出される。FFT 処理器 (2) 17 では、このフィルタ後のデジタル信号を受けとって FFT 処理を施し、位相情報を含む基準位相信号を抽出する。このときの FFT 処理においては、不要な周波数成分が除去されているので、演算誤差要因を減らして良好な抽出結果を得ている。抽出された基準位相信号は、位相情報を含めて位相差演算器 18 に送出される。

【0030】

位相差演算器 18 では、FFT 処理器 (1) 13 で抽出された可変位相信号と、FFT 処理器 (2) 17 で抽出された基準位相信号との位相差を算出し、方位情報を取得する。この位相差の算出は、次のような演算により行なう。すなわち、FFT 処理器 (1) 13 で抽出された可変位相信号、及び FFT 処理器 (2) 17 で抽出された基準位相信号は、それぞれ複素数として下記の式 (4)、及び式 (5) で表される。

40

【数 4】

$$\text{可変位相信号} = \text{AM_FFT_R}(f_1) + j\text{AM_FFT_I}(f_1) \quad \dots(4)$$

【数 5】

$$\text{基準位相信号} = \text{FM_FFT_R}(f1) + j\text{FM_FFT_I}(f1) \quad \dots(5)$$

【0031】

ここで、下記の式(6)の角度計算式に基づいて角度差を複素演算する。

【数 6】

$$\begin{aligned} & \text{Ans_R}(f1) + j\text{Ans_I}(f1) \\ & = (\text{FM_FFT_R}(f1) + j\text{FM_FFT_I}(f1)) \times (\text{AM_FFT_R}(f1) + j\text{AM_FFT_I}(f1)) \quad \dots(6) \end{aligned}$$

10

【0032】

さらに、この式(6)で得られた複素値の実数部及び虚数部を用い、下記の式(7)の演算によって方位情報 を取得する。

【数 7】

$$\theta = \text{Tan}^{-1} \frac{\text{Ans_I}(f1)}{\text{Ans_R}(f1)} \quad \dots(7)$$

【0033】

そして、取得された方位情報は後段の機器に送出される。

【0034】

20

以上説明したように、本実施例においては、受信したAM/FM混合電波から位相情報を含む可変位相信号及び基準位相信号を抽出する際に、これらの信号周波数を中心周波数とする狭帯域デジタルフィルタ(1)12、及び狭帯域デジタルフィルタ(2)16を設け、受信処理されたデジタル信号中からこれらフィルタによって不要な周波数成分を大幅に減衰させた後にFFT処理を施している。これにより、マルチパス等の外乱要因を含むFFT演算処理における演算誤差の要因を減らすことができ、演算誤差の少ない可変位相信号及び基準位相信号に基づいて良好な精度を有する方位情報を得ることができる。

【0035】

また、上記した狭帯域デジタルフィルタ(1)12、及び狭帯域デジタルフィルタ(2)16をいずれもIIR型の構成とし、より少ないタップ数で良好な狭帯域特性を得ている。加えて、基準位相信号の抽出処理を実行する系統では、FMフィルタドヒルベルト変換器14により、副搬送波のフィルタリングとヒルベルト変換とを同時に実現している。これらにより、演算の処理負荷を軽減して処理速度を向上させることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】本発明に係るAM/FM混合信号処理装置の一実施例を示すブロック図。

【図2】狭帯域デジタルフィルタの構成の一例を示すブロック図。

【図3】従来のAM/FM混合信号処理装置の一例を示すブロック図。

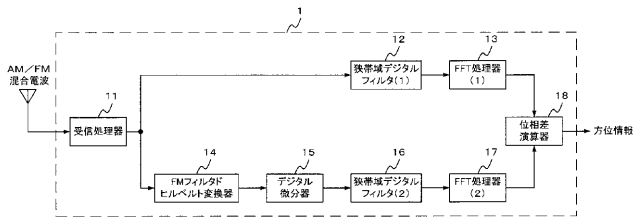
【符号の説明】

【0037】

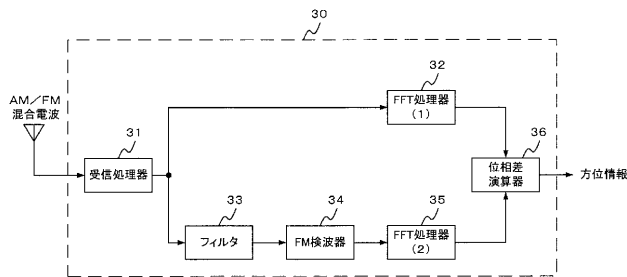
40

- 1 AM/FM混合信号処理装置
- 11 受信処理器
- 12 狭帯域デジタルフィルタ(1)
- 13 FFT処理器(1)
- 14 FMフィルタドヒルベルト変換器
- 15 デジタル微分器
- 16 狭帯域デジタルフィルタ(2)
- 17 FFT処理器(2)
- 18 位相差演算器

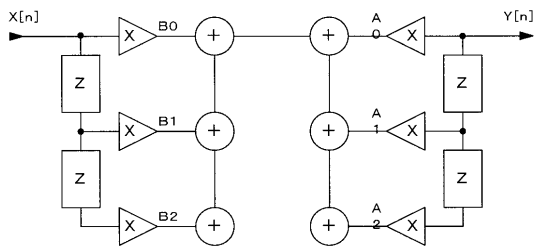
【 図 1 】



【 図 3 】



【 図 2 】



Z : デジタル遅延器

+ : デジタル加算器

X : デジタル乗算器