

(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2017-223460

(P2017-223460A)

(43) 公開日 平成29年12月21日(2017.12.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 S 13/34 (2006.01)	GO 1 S 13/34	5 J 0 7 0
GO 1 S 13/93 (2006.01)	GO 1 S 13/93 2 2 0	
GO 1 S 13/42 (2006.01)	GO 1 S 13/42	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2016-117082 (P2016-117082)	(71) 出願人	000237592
(22) 出願日	平成28年6月13日 (2016.6.13)		富士通テン株式会社
			兵庫県神戸市兵庫区御所通 1 丁目 2 番 2 8 号
		(74) 代理人	110002147
			特許業務法人酒井国際特許事務所
		(72) 発明者	浅沼 久輝
			兵庫県神戸市兵庫区御所通 1 丁目 2 番 2 8 号 富士通テン株式会社内
		F ターム (参考)	5J070 AB19 AC02 AC06 AC13 AD06 AE01 AE09 AF03 AH14 AH31 AH35 AJ13 AK14

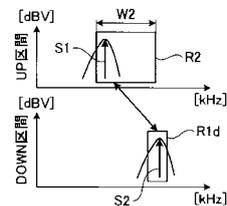
(54) 【発明の名称】 レーダ装置および信号処理方法

(57) 【要約】

【課題】履歴ピーク信号を精度よく抽出する。

【解決手段】実施形態の一態様に係るレーダ装置は抽出部と予測部と第1、第2設定部と再抽出部とを備える。抽出部は、所定周期で周波数が変化する送信信号と、送信信号に基づく送信波が物標で反射した反射波を受信した受信信号との差分周波数から、第1範囲で、送信信号の周波数が上昇する第1期間および周波数が下降する第2期間それぞれでピーク信号を抽出する。予測部は抽出部が抽出した前回のピーク信号に基づき今回のピーク信号を予測する。第1設定部は予測部の予測結果に基づき第1範囲を設定する。第2設定部は、第2期間の第1範囲でピーク信号を抽出した場合であって、第1期間の第1範囲でピーク信号が抽出できなかった場合に、第1範囲と異なる第2範囲を設定する。再抽出部は第2設定部が設定した第2範囲において第1期間のピーク信号を抽出する。

【選択図】 図 1 B



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定周期で周波数が増加する送信信号と、当該送信信号に基づく送信波が物標で反射した反射波を受信した受信信号との差分周波数から、第 1 範囲において、前記送信信号の周波数が増加する第 1 期間および前記周波数が減少する第 2 期間のそれぞれでピーク信号を抽出する抽出部と、

前記抽出部が抽出した前回のピーク信号に基づいて今回のピーク信号を予測する予測部と、

前記予測部の予測結果に基づき前記第 1 範囲を設定する第 1 設定部と、

前記第 2 期間の前記第 1 範囲で前記ピーク信号を抽出した場合であって、前記第 1 期間の前記第 1 範囲で前記ピーク信号が抽出できなかった場合に、前記第 1 範囲と異なる第 2 範囲を設定する第 2 設定部と、

前記第 2 設定部が設定した前記第 2 範囲において前記第 1 期間の前記ピーク信号を抽出する再抽出部と、

を備えることを特徴とするレーダ装置。

【請求項 2】

前記第 2 設定部は、

前記第 1 範囲より広い前記第 2 範囲を設定すること

を特徴とする請求項 1 に記載のレーダ装置。

【請求項 3】

前記第 2 設定部は、

相対速度の変化に応じて前記第 2 範囲を設定すること

を特徴とする請求項 1 に記載のレーダ装置。

【請求項 4】

前記第 2 設定部は、

前記相対速度が増加した場合に、前記予測部が予測した前記今回のピーク信号に対して、低周波側の幅が高周波側の幅より大きい前記第 2 範囲を設定すること

を特徴とする請求項 3 に記載のレーダ装置。

【請求項 5】

前記第 2 設定部は、

前記相対速度が減少した場合に、前記予測部が予測した前記今回のピーク信号に対して、高周波側の幅が低周波側の幅より大きい前記第 2 範囲を設定すること

を特徴とする請求項 3 に記載のレーダ装置。

【請求項 6】

前記第 2 期間の前記ピーク信号と前記抽出部で抽出した前記第 1 期間の前記ピーク信号とをペアリングするペアリング部と、

前記第 2 期間の前記ピーク信号と前記再抽出部で抽出した前記第 1 期間の前記ピーク信号とをペアリングする再ペアリング部と、をさらに備えること

を特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のレーダ装置。

【請求項 7】

前記再ペアリング部は、

前記抽出部が前記第 2 期間の前記第 1 範囲において前記ピーク信号を抽出した場合に、当該ピーク信号と前記再抽出部で抽出した前記第 1 期間の前記ピーク信号とをペアリングすること

を特徴とする請求項 6 に記載のレーダ装置。

【請求項 8】

前記再ペアリング部は、

前記再抽出部で抽出した前記第 1 期間の前記ピーク信号が静止物でない場合、当該ピーク信号と前記第 2 期間の前記ピーク信号とのペアリングを行うこと

を特徴とする請求項 6 または 7 に記載のレーダ装置。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

前記再ペアリング部は、

前記再抽出部で抽出した前記第 1 期間の前記ピーク信号に対応する方位角と、前記抽出部が抽出した前記第 2 期間の前記ピーク信号に対応する方位角とに応じて、ペアリングを行うこと

を特徴とする請求項 6、7 または 8 に記載のレーダ装置。

【請求項 10】

所定周期で周波数が変化する送信信号と、当該送信信号に基づく送信波が物標で反射した反射波を受信した受信信号との差分周波数から、第 1 範囲において、前記送信信号の周波数が上昇する第 1 期間および前記周波数が下降する第 2 期間のそれぞれでピーク信号を抽出する抽出工程と、

前記抽出工程で抽出した前回のピーク信号に基づいて今回のピーク信号を予測する予測工程と、

前記予測工程の予測結果に基づき前記第 1 範囲を設定する第 1 設定工程と、

前記第 2 期間の前記第 1 範囲で前記ピーク信号を抽出した場合であって、前記第 1 期間の前記第 1 範囲で前記ピーク信号が抽出できなかった場合に、前記第 1 範囲と異なる第 2 範囲を設定する第 2 設定工程と、

前記第 2 設定工程で設定した前記第 2 範囲において前記第 1 期間の前記ピーク信号を抽出する再抽出工程と、

を含むことを特徴とする信号処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーダ装置および信号処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、たとえば自車両から送信波を送信し、当該送信波が物標で反射された反射波を受信することで、自車両から物標までの距離や自車両と物標との相対速度等を検出するレーダ装置が知られている。

【0003】

かかるレーダ装置は、送信波と反射波との差分周波数から得られるピーク信号を抽出する場合に、前回処理で検出されたピーク信号に基づいて予測した今回のピーク信号（以下、予測ピーク信号と記載する）の周波数に基づく所定の周波数範囲内のピーク信号を抽出する。このように抽出されたピーク信号は、前回処理のピーク信号と同一物標に属するピーク信号（以下、履歴ピーク信号と記載する）である。

【0004】

そして、かかるレーダ装置では、所定の周波数範囲内ピーク信号が存在しない場合、当該所定の周波数範囲を広げて履歴ピーク信号を再抽出する（たとえば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2014 - 115137 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで所定の周波数範囲を広げてピーク信号を抽出する処理を行った場合、履歴ピーク信号ではないピーク信号を誤って抽出する可能性があった。このように履歴ピーク信号ではないピーク信号が、誤って履歴ピーク信号として抽出されると、実際に物標が存在す

10

20

30

40

50

る位置とは異なる位置に物標が検出されることとなる。そのため、所定の周波数範囲を広げる場合は、履歴ピーク信号を精度よく抽出する必要がある。

【0007】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、履歴ピーク信号を精度よく抽出することができるレーダ装置および信号処理方法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】

【0008】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係るレーダ装置は、抽出部と、予測部と、第1設定部と、第2設定部と、再抽出部とを備える。抽出部は、所定周期で周波数が変化する送信信号と、当該送信信号に基づく送信波が物標で反射した反射波を受信した受信信号との差分周波数から、第1範囲において、前記送信信号の周波数が上昇する第1期間および前記周波数が下降する第2期間のそれぞれでピーク信号を抽出する。予測部は、前記抽出部が抽出した前回のピーク信号に基づいて今回のピーク信号を予測する。第1設定部は、前記予測部の予測結果に基づき前記第1範囲を設定する。第2設定部は、前記第2期間の前記第1範囲で前記ピーク信号を抽出した場合であって、前記第1期間の前記第1範囲で前記ピーク信号が抽出できなかった場合に、前記第1範囲と異なる第2範囲を設定する。再抽出部は、前記第2設定部が設定した前記第2範囲において前記第1期間の前記ピーク信号を抽出する。

10

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、履歴ピーク信号を精度よく抽出することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1A】図1Aは、実施形態に係る信号処理方法の概要を説明する図である。

【図1B】図1Bは、実施形態に係る信号処理方法の概要を説明する図である。

【図2】図2は、実施形態に係るレーダ装置を示す図である。

【図3A】図3Aは、ピーク抽出部が行うUPピーク信号の抽出処理を説明する図である。

【図3B】図3Bは、ピーク抽出部が行うUPピーク信号の抽出処理を説明する図である。

30

【図3C】図3Cは、ピーク抽出部が行うUPピーク信号の抽出処理を説明する図である。

【図4】図4は、物標と方位角との対応関係を説明する図である。

【図5】図5は、本実施形態に係るレーダ装置の効果を説明する図である。

【図6】図6は、実施形態に係るレーダ装置が実行する信号処理の処理手順を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、添付図面を参照して、本願の開示するレーダ装置および信号処理方法の実施形態を詳細に説明する。なお、以下に示す実施形態によりこの発明が限定されるものではない。

40

【0012】

まず、図1Aおよび図1Bを用いて実施形態に係る信号処理方法について説明する。図1Aおよび図1Bは、実施形態に係る信号処理方法の概要を説明する図である。なお、かかる信号処理方法は、図示しない車両Cに搭載されるレーダ装置によって実行されるものとする。

【0013】

また、かかるレーダ装置は、いわゆるFM-CW(Frequency Modulated-Continuous Wave)方式をとっており、反射波に基づいて物標Tの情報を生成する。ここでは、物標Tが車両Cの前方を走行する先行車両である場合について説明するが、これに限定される

50

ものではない。たとえば、物標 T は、自車 C の後方を走行する後方車両や自転車、歩行者などの移動体であってもよく、また、たとえば路側帯や信号機やポール、ガードレールなどの静止物であってもよい。

【0014】

ここで、従来のピーク信号の抽出方法について説明する。従来の抽出方法では、レーダ装置は、所定周期で周波数が変化する送信波を送信アンテナから送信し、物標 T によって当該送信波が反射した反射波を受信アンテナで受信する。

【0015】

次に、レーダ装置は、送信波に対応する送信信号と、反射波に対応する受信信号とをミキシングしてビート信号を生成する。具体的には、レーダ装置は、所定周期で周波数が上昇する第 1 期間（以下、UP 区間と記載する）と、周波数が下降する第 2 期間（以下、DOWN 区間と記載する）とのそれぞれの区間における送信信号と受信信号との差分周波数（ビート周波数）に基づくビート信号を生成する。

【0016】

レーダ装置は、ビート信号を FFT (Fast Fourier Transform) 処理して周波数領域の信号（以下、周波数ビート信号と記載する）を生成し、当該周波数ビート信号からピーク信号を抽出する。レーダ装置は、所定条件に基づき UP 区間のピーク信号と DOWN 区間のピーク信号とをペアリングし、ペアデータを導出する。

【0017】

ここで、レーダ装置は、過去に導出したペアデータに基づいて今回のピーク信号を予測ピーク信号として予測し、当該予測ピーク信号を含む幅 W_1 の第 1 範囲 R_1 に含まれるピーク信号を抽出する。なお、以下では図 1 A に示すピーク信号 S_1 を 1 つの物標の UP 区間の履歴ピーク信号とし、ピーク信号 S_2 を同一物標の DOWN 区間の履歴ピーク信号として説明する。また、UP 区間の第 1 範囲 R_1 を第 1 範囲 R_{1u} 、DOWN 区間の第 1 範囲 R_1 を第 1 範囲 R_{1d} と記載する。

【0018】

このとき、たとえば先行車両が急ブレーキをかけて急減速すると、後述する FM-CW 方式で物標を検出する原理により、図 1 A に示すように、DOWN 区間のピーク信号 S_2 は所定の周波数範囲 R_{1d} 内となり抽出され、UP 区間のピーク信号 S_1 が第 1 範囲 R_{1u} から外れてしまい抽出されない。このように、従来の抽出方法では UP 区間のピーク信号 S_1 が抽出できず、ペアデータを導出できない。

【0019】

そこで、本実施形態に係る信号処理方法では、図 1 A に示すように、DOWN 区間の第 1 範囲 R_{1d} 内でピーク信号 S_2 が抽出されている場合で、UP 区間の第 1 範囲 R_{1u} 内でピーク信号 S_1 が抽出されていないときに、UP 区間の第 1 範囲 R_{1u} の範囲を第 2 範囲 R_2 に広げてピーク信号 S_1 を抽出する。このため、UP 区間の第 2 範囲 R_2 の幅 W_2 は、第 1 範囲 R_{1u} の幅 W_1 よりも広い幅となる ($W_1 < W_2$)。

【0020】

レーダ装置は、抽出した UP 区間のピーク信号 S_1 と DOWN 区間のピーク信号 S_2 とをペアリングしてペアデータを導出する。また、レーダ装置は、導出したペアデータに基づき物標 T の情報を生成する。

【0021】

このように、本実施形態に係るレーダ装置は、第 1 範囲 R_{1u} で UP 区間のピーク信号 S_1 を抽出できなかった場合に、第 1 範囲 R_{1u} より広い第 2 範囲 R_2 で UP 区間のピーク信号 S_1 を抽出する。これにより、たとえば物標 T である先行車両が急減速等を行った場合など、ピーク信号 S_1 が第 1 範囲 R_{1u} から外れる場合であっても高精度にピーク信号 S_1 を抽出することができる。以下、かかる信号処理方法を実行するレーダ装置についてさらに説明する。

【0022】

図 2 は、本発明の実施形態に係るレーダ装置 1 を示す図である。レーダ装置 1 は、信号

10

20

30

40

50

処理装置 10 と、送信部 20 と、受信部 30 とを備える。

【0023】

送信部 20 は、信号生成部 21 と、発振器 22 と、送信アンテナ Tx とを備える。信号生成部 21 は、三角波状に波形が変化する変調信号を生成し、発振器 22 へ供給する。

【0024】

発振器 22 は、信号生成部 21 で生成された変調信号に基づいて連続波の信号を周波数変調した送信信号を生成し、送信アンテナ Tx に出力する。送信アンテナ Tx は、発振器 22 から入力された送信信号を送信波として、たとえば自車 C の進行方向に向けて送信する。

【0025】

受信部 30 は、例えば 4 本の受信アンテナ Rx1 ~ Rx4 (以下、まとめて受信アンテナ Rx と記載する) と、各受信アンテナ Rx に接続された個別受信部 31 ~ 34 とを備える。受信アンテナ Rx は、送信波が物標 T に反射した反射波を受信信号として受信する。

【0026】

個別受信部 31 ~ 34 は、それぞれミキサ 41 ~ 44 と、A/D変換部 51 ~ 54 とを備え、受信アンテナ Rx を介して受信した受信信号に対して各種処理を行う。ミキサ 41 ~ 44 は、受信信号と発振器 22 から入力される送信信号とをミキシングすることで、両信号の差分周波数を示すビート信号を生成する。A/D変換部 51 ~ 54 は、ミキサ 41 ~ 44 が生成したビート信号をデジタル信号に変換し、信号処理装置 10 に出力する。

【0027】

なお、ここでは個別受信部 31 ~ 34 がミキサ 41 ~ 44 と、A/D変換部 51 ~ 54 とを備える場合について説明したがこれに限定されない。たとえば個別受信部 31 ~ 34 が図示しない増幅器やフィルタを備えていてもよい。

【0028】

信号処理装置 10 は、CPU (Central Processing Unit) および記憶部 190 などを備えたマイクロコンピュータであり、レーダ装置 1 全体を制御する。信号処理装置 10 は、マイクロコンピュータでソフトウェア的に実現される機能として、送信制御部 110 と、FFT処理部 120 と、ピーク抽出部 130 と、静止物判定部 140 と、方位角算出部 150 と、ペアリング部 160 と、再ペア処理部 170 と、予測部 180 と、第 1 設定部 200 とを備える。

【0029】

送信制御部 110 は、送信部 20 の信号生成部 21 が変調信号を生成するタイミング等を制御する。FFT処理部 120 は、個別受信部 31 ~ 34 から出力されるビート信号に対して FFT 処理を施すことで、ビート信号を周波数領域の周波数ビート信号に変換する。第 1 設定部 200 は、予測部 180 が予測した予測ピーク信号に応じて所定の周波数範囲である第 1 範囲 Ru、Rd を設定する。

【0030】

ピーク抽出部 130 は、第 1 設定部 200 が設定した第 1 範囲 Ru、Rd において、UP 区間のピーク信号および DOWN 区間のピーク信号を抽出する。具体的には、ピーク抽出部 130 は、たとえば周波数ビート信号のうち信号レベルの値が所定の閾値を超えるビート信号をピーク信号として抽出する。なお、以下、UP 区間のピーク信号を UP ピーク信号、DOWN 区間のピーク信号を DN ピーク信号と記載する。

【0031】

また、履歴ピーク信号は上述のように所定の周波数範囲である第 1 範囲 Ru、Rd、および第 2 範囲 R2 の少なくともいずれかの範囲内で抽出されたピーク信号であり、前回処理のピーク信号と同一物標に属するピーク信号である。履歴ピーク信号のうち、UP 区間の履歴ピーク信号を履歴 UP ピーク信号、DOWN 区間の履歴ピーク信号を履歴 DN ピーク信号と記載する。

【0032】

10

20

30

40

50

ピーク抽出部 130 は、抽出したピーク信号のうち、UP 区間の第 1 範囲 R1u に含まれる UP ピーク信号および DOWN 区間の第 1 範囲 R1d に含まれる DN ピーク信号をペアリング部 160 に出力する。また、ピーク抽出部 130 は、抽出した全てのピーク信号を静止物判定部 140 および方位角算出部 150 に出力する。

【0033】

静止物判定部 140 は、ピーク抽出部 130 が抽出した UP ピーク信号と DN ピーク信号との周波数差に応じて物標 T の相対速度を算出する。静止物判定部 140 は、自車両 C の車速の情報から、当該 UP ピーク信号および DN ピーク信号が静止物に対応するピーク信号（以下、静止物ピーク信号と記載する）であるか否かを判定する。静止物判定部 140 は、判定結果を再ペア処理部 170 に出力する。なお、静止物判定部 140 は、自車両 C の車速に関する情報を、自車両 C の図示しない車速センサから取得するものとする。

10

【0034】

方位角算出部 150 は、UP 区間および DOWN 区間それぞれにおいて、ピーク信号に基づいて方位角を算出する。方位角算出部 150 は、たとえば ESPRIT (Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques) 法を用いた演算を行うことで方位角を算出する。方位角算出部 150 は、算出した方位角を再ペア処理部 170 に出力する。

【0035】

ペアリング部 160 は、UP ピーク信号と DN ピーク信号とをペアリングするペアリング処理を行う。ペアリング部 160 は、ピーク抽出部 130 が抽出した履歴 UP ピーク信号と履歴 DN ピーク信号とに対してペアリング処理を行う。ペアリング部 160 は、ペアリングを行った履歴 UP ピーク信号および履歴 DN ピーク信号のペア（以下、ペアデータと記載する）を予測部 180 に出力する。また、ペアリング処理部 160 は、履歴 DN ピーク信号のうち、ペアリングが成立しなかった信号を再ペア処理部 170 に出力する。

20

【0036】

再ペア処理部 170 は、ペアリング処理部 160 でペアリングが成立しなかった履歴 DN ピーク信号が存在する場合に、再度 UP 区間のピーク信号を抽出し、ペアリング処理を行う。再ペア処理部 170 は、再抽出部 171 と第 2 設定部 172 と再ペアリング部 173 とを備える。

【0037】

まず、ここで再ペア処理部 170 が UP 区間のピーク信号を再抽出する理由について説明する。まず、個別受信部 31 ~ 34 で生成した周波数ビート信号 f_B は、物標 T との距離に比例する距離周波数 f_R および物標 T との間の相対速度に比例する速度周波数 f_V を用いて、 $f_B = f_R \pm f_V$ で表される。

30

【0038】

したがって、UP 区間のビート信号 f_{up} および DOWN 区間のビート信号 f_{dn} は、それぞれ $f_{up} = f_R - f_V$ 、 $f_{dn} = f_R + f_V$ で表される。

【0039】

ここで、自車両 C が先行車両と同程度の速度で走行していたときに先行車両がたとえば急ブレーキをかけるなどして急減速した場合について FM-CW 方式で物標を検出する処理の原理に基づいて考える。この場合、物標 T との距離が大幅に減少し、相対速度が大幅に増加する。このとき、距離周波数 f_R が A だけ減少し、速度周波数 f_V が B だけ増加したものとする。

40

【0040】

この場合、急減速後の UP 区間のビート信号 f_{up2} は、 $f_{up2} = f_R - A - (f_V + B) = f_R - f_V - A - B$ となり、急減速前のビート信号 f_{up} より $-A - B$ だけ変化する。一方、急減速後の DOWN 区間のビート信号 f_{dn2} は、 $f_{dn2} = f_R - A + (f_V + B) = f_R - f_V - A + B$ となり、急減速前のビート信号 f_{dn} より $-A + B$ だけ変化する。このことから、たとえば先行車両が急減速した場合、UP 区間のビート信号がより大きく変化する事がわかる。同様に、たとえば自車両 C が急ブレーキをかけて急減

50

速した場合や先行車両が急加速した場合なども、UP区間のピーク信号がより大きく変化する。

【0041】

このように、先行車両が急加減速した場合、DOWN区間に比べてUP区間の方が、ピーク信号が大きく変化する。このため、UPピーク信号はDNピーク信号に比べて変動しやすいが、第1範囲R1uから外れた場合でも第1範囲R1u外の第1範囲R1u近傍の周波数に存在する可能性が大きくなる。すなわち、ピーク抽出部130で履歴DNピーク信号が抽出できたとしても、履歴UPピーク信号が抽出されず、ペアリング部160でペアリングが成立しない履歴DNピーク信号が発生しやすくなる。そこで、実施形態に係るレーダ装置1は、履歴DOWNピーク信号が抽出されている場合で、履歴UPピーク信号が抽出されていないときに、UP区間の第1範囲R1uの範囲を広げて第2範囲R2とする。

10

【0042】

すなわち、先行車両が急加減速することで、DOWN区間では履歴DOWNピーク信号が抽出され、UP区間では履歴UPピーク信号が抽出されない状況が発生する。その場合、第1範囲R1u外で第1範囲R1u近傍の周波数に履歴UPピーク信号が存在する。そのため、第1範囲R1uの範囲を広げて第2範囲R2とすることで、履歴UPピーク信号を精度よく抽出できる。言い換えると、本来の履歴UPピーク信号とは異なるピーク信号を誤って抽出することを防止できる。このように、本実施形態に係る再ペア処理部170では、UP区間のピーク信号を再抽出することで、ペアリングが成立しなかった履歴DNピーク信号のペアリングを再度行うようにする。

20

【0043】

なお、UPピーク信号が第1範囲R1uから外れる場合は、上述した先行車両が急加減速する場合に限られない。たとえば、ピーク信号の信号レベルが低下することで、第1範囲R1uからUPピーク信号が外れる場合もある。かかる場合について、図3A～図3Cを用いて説明する。図3A～図3Cは、ピーク抽出部130が行うUPピーク信号の抽出処理を説明する図である。

【0044】

図3Aに示すように、ピーク抽出部130は、周波数ピーク信号の信号レベルと所定の閾値Th1とを比較し、予測ピーク信号Pb1を含む第1範囲R1uにおいて履歴UPピーク信号を抽出する。また、予測部180は、ピーク抽出部130が抽出した履歴UPピーク信号に基づいて次回の予測ピーク信号Pb2を予測する。

30

【0045】

しかしながら、図3Bに示すように、たとえば雑音の影響等でUPピーク信号の信号レベルが所定の閾値Th1以下となった場合、ピーク抽出部130は履歴UPピーク信号を抽出できなくなる。かかる場合、レーダ装置1は、予測ピーク信号Pb2を用いて物標Tの情報を導出することで、物標Tの導出結果の連続性を確保する処理、いわゆる外挿処理を行う。この場合、予測部180は、予測ピーク信号Pb2を用いて次回の予測ピーク信号Pb3の予測を行う。

【0046】

このように、予測部180が予測ピーク信号Pb2に基づいて次回の予測ピーク信号Pb3の予測を行うと、実際の履歴UPピーク信号を用いた予測より精度が低下する。そのため、図3Cに示すように、履歴UPピーク信号P1が予測ピーク信号Pb3を含む第1範囲R1uから外れてしまうことがある。

40

【0047】

このように、先行車両の急加減速によってピーク位置がずれるだけでなく、たとえばピークレベルが低いためにピーク抽出が行えず外挿処理を行うことで、履歴UPピーク信号が第1範囲R1uから外れる場合がある。この場合も再ペア処理部170は、UP区間のピーク信号を再抽出することで、ペアリングが成立しなかった履歴DNピーク信号のペアリングを再度行う。

50

【0048】

図2に戻る。再ペア処理部170の再抽出部171は、第2設定部172が設定した第2範囲R2においてUP区間のピーク信号を抽出する。再抽出部171は、たとえば第2範囲R2において所定の閾値を超えるピーク信号をUPピーク信号（以下、再抽出UPピーク信号と記載する）として抽出する。あるいは、ピーク抽出部130が抽出したUPピーク信号のうち第2範囲R2に含まれる信号を再抽出UPピーク信号としてもよい。再抽出部171は、再抽出UPピーク信号を再ペアリング部173に出力する。

【0049】

第2設定部172は、履歴DNピーク信号は抽出できたものの履歴UPピーク信号が抽出できず、履歴DNピーク信号のペアリングが成立しなかった場合に、第1範囲R1uより広い第2範囲R2を設定する。第2設定部172は、設定した第2範囲R2を再抽出部171に出力する。

10

【0050】

たとえば第1範囲R1uが予測ピーク信号の周波数を中心にした6BIN（低周波側および高周波側にそれぞれ3BINずつ）の範囲であるものとする。この場合、第2設定部172は、たとえば予測ピーク信号の周波数を中心にした12BIN（低周波側および高周波側にそれぞれ6BINずつ）の範囲に拡張した第2範囲R2を設定する。なお、1BINは、約468Hzである。

【0051】

これにより、ピーク抽出部130で抽出できなかったUPピーク信号を再抽出部171で抽出できるようになり、ピーク抽出の精度を向上させることができる。

20

【0052】

なお、第2設定部172が設定する第2範囲R2は、これに限定されない。たとえば、第2設定部172が、自車両Cと物標Tとの相対速度の変化に応じて第2範囲R2を設定するようにしてもよい。たとえば物標Tが急減速し、自車両Cとの相対速度が増加した場合、自車両Cと物標Tとの距離が短くなり履歴UPピーク信号が低周波側に移動する。そこで、第2設定部172は、相対速度が増加した場合に低周波側の幅が高周波側の幅より大きい第2範囲R2を設定する。具体的には、第2設定部172は、たとえば予測ピーク信号の周波数に対して低周波側の幅が5BIN、高周波側の幅が1BINの範囲の第2範囲R2を設定する。

30

【0053】

すなわち、第2範囲R2の幅は、第1範囲R1uの範囲の幅W1と同じ幅（6BINの幅）であるが、第1範囲R1uでは予測ピーク信号の周波数を中心として低周波側および高周波側にそれぞれ均等（3BINずつ）に広がるのに対して、第2範囲R2では上述のように予測ピーク信号の周波数を中心として、高周波側の広がりよりも低周波側の広がりを大きくすることとした。

【0054】

これにより、UP区間の第1範囲R1uの範囲内でピーク信号が抽出されない場合であっても、第1範囲R1u外で第1範囲R1u近傍の周波数に存在する履歴UPピーク信号を精度よく抽出できる。また、範囲全体の幅は変えることなく、物標の動作状況（距離・相対速度の状況）に応じて、変更前の第1範囲R1uの範囲と比べて、低周波側および高周波側のいずれか一方を広い範囲として他方を狭くすることで、本来履歴UPピーク信号とは異なるピーク信号を誤って抽出することを確実に防止できる。

40

【0055】

あるいは、第2設定部172は、相対速度が減少した場合に低周波側の幅が高周波側の幅より小さい第2範囲R2を設定する。具体的には、第2設定部172は、たとえば予測ピーク信号の周波数に対して低周波側の幅が1BIN、高周波側の幅が5BINの範囲の第2範囲R2を設定する。

【0056】

なお、ここでは、第2設定部172が、相対速度に応じて第2範囲R2を設定する場合

50

に、第1範囲R1の幅と同じ第2範囲R2を設定するとしたが、これに限定されない。たとえば、相対速度が所定値よりも大きい場合に、第2設定部172が、第1範囲R1uより広い第2範囲R2を設定するようにしてもよい。

【0057】

再ペアリング部173は、再抽出部171で抽出した再抽出UPピーク信号と、ピーク抽出部130で抽出した履歴DNピーク信号とをペアリングする。再ペアリング部173は、たとえば再抽出UPピーク信号がペアリング部160ですでにペアリングされているか否かを第1条件としてペアリングを行う。再ペアリング部173は、たとえば再抽出UPピーク信号がペアリング部160ですでにペアリングされており、対応する履歴DNピーク信号が存在する場合、再ペアリングを行わない。

10

【0058】

また、再ペアリング部173は、たとえば第2範囲R2におけるUPピーク信号が静止物に対応するか否かを第2条件としてペアリングを行う。再ペアリング部173は、第2範囲R2におけるUPピーク信号が静止物に対応する場合、すなわち再抽出部171で抽出した再抽出UPピーク信号が静止物に対応する場合に、当該再抽出UPピーク信号と履歴DNピーク信号との再ペアリングを行わない。

【0059】

また、再ペアリング部173は、たとえば再抽出UPピーク信号に対応する物標T1と履歴DNピーク信号に対応する物標T2との車両Cの左右方向における差が所定値以下であるか否かを第3条件としてペアリングを行う。再ペアリング部173は、再抽出UPピーク信号に対応する物標T1と履歴DNピーク信号に対応する物標T2との車両Cの左右方向における差が所定値以下の場合にペアリングを行う。

20

【0060】

たとえば所定値は、たとえば車両の幅に相当する1.8mであるものとする。物標T1と物標T2とが車両の幅以上に離れている場合、物標T1と物標T2は、たとえば先行車両とその隣車線を走行する車両のように異なる物標である可能性が高い。そこで、再ペアリング部173は、車両Cの左右方向における差が所定値より大きい場合は再ペアリングを行わないことで、隣接車両と先行車両とを誤ってペアリングしないようにする。

【0061】

図4に示すように、物標T1と物標T2の左右方向における差は、再抽出UPピーク信号の方位角および履歴DNピーク信号の方位角によって算出できる。したがって、再ペアリング部173は、かかる方位角に応じて再抽出UPピーク信号と履歴DNピーク信号とのペアリングを行う。具体的に、たとえば再抽出UPピーク信号の方位角が θ_1 、履歴DNピーク信号の方位角が θ_2 であり、自車両Cから物標T1までの距離が L_1 、物標T2までの距離が L_2 であった場合を考える。この場合、再ペアリング部173は、差 $L = L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin \theta_2$ を算出し、算出した差Lが所定値以下の場合にペアリングを行う。

30

【0062】

このように、再ペアリング部173が上述した第1～第3条件を満たす場合に再ペアリングを行うことで、異なる物標に対応するピーク信号同士を誤ってペアリングするミスペアを抑制することができる。再抽出部171では、たとえば第1範囲R1uより広い第2範囲R2を用いて再抽出UPピーク信号を抽出しているため、たとえば異なる物標に対応するピーク信号等を誤検出しやすくなる。そこで、再ペアリング部173では、条件を設けて再ペアリングを行うことで、ミスペアを抑制する。これにより、レーダ装置1のペアリング精度を向上させることができ、物標Tの検出精度を向上させることができる。なお、図4は、物標T1、T2と方位角 θ_1 、 θ_2 との対応関係を説明する図である。

40

【0063】

図2に戻る。予測部180は、前回の履歴ピーク信号に基づいて今回の履歴ピーク信号を予測する。具体的には、予測部180は、ペアリング部160がペアリングした履歴UPピーク信号および履歴DNピーク信号に基づいて予測ピーク信号を生成する。また、予

50

測部 180 は、再ペアリング部 173 が再ペアリングした再抽出 UP ピーク信号および履歴 DN ピーク信号に基づいて予測ピーク信号を生成する。予測部 180 は、予測ピーク信号を第 1 設定部 200 に出力する。

【0064】

記憶部 190 は、たとえば第 1、第 2 範囲 R1u、R1d、R2 など、信号処理装置 10 の各部の処理で用いる情報を記憶するとともに、各部の処理結果を記憶する。記憶部 190 は、たとえば EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) やフラッシュメモリ等である。

【0065】

次に、図 5 を用いて第 2 範囲 R2 を用いて再ペアリングを行った場合と行わなかった場合の物標 T の検出結果について説明する。図 5 は、本実施形態に係るレーダ装置 1 の効果を説明する図である。なお、ここでは自車両 C が走行車両と同じ速度で当該先行車両を追従している場合について説明する。

10

【0066】

図 5 に示すグラフの左縦軸は自車両 C から先行車両である物標までの距離を示しており、右縦軸は先行車両の車速の変化を示している。すなわち、先行車両と自車両 C とが速度 V で走行している場合に、先行車両の速度が $V + \Delta V$ に変化した場合の速度変化 ΔV を縦軸に示している。したがって、 ΔV が大きくなるほど相対速度は小さくなる。また横軸は時間を示している。

【0067】

図 5 の白色の菱形は、再ペアリングを行わなかった場合にレーダ装置 1 が検出する先行車両との距離を示している。また、白色の四角は、再ペアリングを行わなかった場合にレーダ装置 1 が検出する速度変化 ΔV を示している。黒色の菱形は、再ペアリングを行った場合にレーダ装置 1 が検出する先行車両との距離を示している。また、黒色の四角は、再ペアリングを行った場合にレーダ装置 1 が検出する速度変化 ΔV を示している。

20

【0068】

図 5 の白色の四角で示すように、再ペアリングを行わない場合、時刻 t_1 で先行車両が減速し速度変化 ΔV が低下しているが、時刻 t_2 以降は速度変化 ΔV がほぼ一定のまま変化せず、時刻 t_3 で速度変化 ΔV が検出できなくなっている。また、白色の菱形で示すように、先行車両との距離は、わずかに短くなっているがほぼ一定のまま時刻 t_3 以降検出できなくなっている。このようにレーダ装置 1 が再ペアリングを行わないと、先行車両が急加減速した場合の変化に対応できず、先行車両を見失ってしまう。

30

【0069】

一方、再ペアリングを行う場合、黒色の四角で示すように、時刻 t_1 で先行車速が低下しても、レーダ装置 1 は時刻 t_2 以降に低下する速度変化 ΔV を検出することができ、時刻 t_3 以降も連続して速度変化 ΔV を検出することができる。また、先行車両との距離も時刻 t_3 以降連続して検出することができる。

【0070】

このように、本実施形態に係るレーダ装置 1 によれば、再ペアリングを行うことで、たとえば先行車両が減速する等して履歴 UP ピーク信号を抽出できない場合であっても、区間 S に示すように、先行車両を見失うことなく距離および速度を検出することができる。また、履歴 UP ピーク信号を抽出できない場合に外挿処理を行うため、図 5 に示すように、再ペアリングを行わないと先行車両を見失っていない時刻 t_2 から時刻 t_3 の間であっても、先行車両の距離および速度を正確に検出することができない。一方、レーダ装置 1 は、再ペアリングを行うことで、時刻 t_2 から時刻 t_3 の間も先行車両の距離および速度をより正確に検出することができる。

40

【0071】

次に、図 6 を用いて、実施形態に係るレーダ装置 1 が実行する信号処理の処理手順について説明する。図 6 は、実施形態に係るレーダ装置 1 が実行する信号処理の処理手順を示すフローチャートである。

50

【0072】

図6に示すように、レーダ装置1は、送信信号と受信アンテナRxを介して受信した受信信号との差信号であるビート信号に対してFFT処理を行う(ステップS101)。次に、レーダ装置1は、FFT処理後のビート信号からピーク信号を抽出する(ステップS102)。

【0073】

レーダ装置1は、抽出したピーク信号のうち履歴UPピーク信号と履歴DNピーク信号とのペアリングを行う(ステップS103)。レーダ装置1は、ステップS103でペアリングが成立したか否かを判定する(ステップS104)。ペアリングが成立している場合(ステップS104; Yes)、ステップS108に進む。

10

【0074】

一方、履歴DNピーク信号は抽出したが履歴UPピーク信号が抽出できず、ペアリングが成立しなかった場合(ステップS104; No)、レーダ装置1は、ピーク信号を再抽出する範囲として第2範囲R2を設定する(ステップS105)。レーダ装置1は、設定した第2範囲R2においてUPピーク信号を再抽出する(ステップS106)。

【0075】

レーダ装置1は、ステップS106で再抽出した再抽出UPピーク信号と履歴DNピーク信号との再ペアリングを行う(ステップS107)。レーダ装置1は、ペアリング結果に応じて次の予測ピーク信号を生成し(ステップS108)、処理を終了する。

【0076】

上述してきたように、実施形態に係るレーダ装置1は、第1範囲R1uで履歴UPピーク信号が抽出できなかった場合に、第1範囲R1uとは異なる第2範囲R2で再抽出UPピーク信号を抽出する。レーダ装置1は、再抽出UPピーク信号と履歴DNピーク信号との再ペアリングを行う。これにより、レーダ装置1は、ピーク信号を高精度に抽出することができる。

20

【0077】

以上のように、本実施形態に係るレーダ装置1は、ピーク抽出部(抽出部)130と、予測部180と、第1設定部200と、第2設定部172と、再抽出部171と、を備える。ピーク抽出部(抽出部)130は、所定周期で周波数が変化する送信信号と、当該送信信号に基づく送信波が物標Tで反射した反射波を受信した受信信号との差分周波数から、第1範囲R1u、R1dにおいて、送信信号の周波数が上昇する第1期間(UP区間)および周波数が下降する第2期間(DOWN区間)のそれぞれでピーク信号を抽出する。予測部180は、ピーク抽出部130が抽出した前回のピーク信号に基づいて今回のピーク信号を予測する。第1設定部200は、予測部180の予測結果に基づき第1範囲R1u、R1dを設定する。第2設定部172は、第2期間の第1範囲R1dでピーク信号を抽出した場合であって、第1期間の第1範囲R1uでピーク信号が抽出できなかった場合に、第1範囲R1uと異なる第2範囲R2を設定する。再抽出部171は、第2設定部172が設定した第2範囲R2において第1期間のピーク信号を抽出する。

30

【0078】

これにより、レーダ装置1は、たとえば物標Tである先行車両が急減速等を行った場合など、ピーク信号が第1範囲R1uから外れる場合であっても高精度に履歴ピーク信号を抽出することができる。

40

【0079】

また、上記実施形態に係るレーダ装置1の第2設定部172は、第1範囲R1uより広い第2範囲R2を設定する。

【0080】

これにより、レーダ装置1は、第1範囲R1uでは抽出できなかった履歴ピーク信号を抽出できるようになり、高精度に履歴ピーク信号を抽出することができる。

【0081】

また、上記実施形態に係るレーダ装置1の第2設定部172は、相対速度の変化に応じ

50

て第2範囲R2を設定する。

【0082】

これにより、レーダ装置1は、相対速度に応じて、第1範囲R1uでは抽出できなかった履歴ピーク信号を抽出できるようになり、高精度に履歴ピーク信号を抽出することができる。

【0083】

また、上記実施形態に係るレーダ装置1の第2設定部172は、相対速度が増加した場合に、予測部180が予測した今回のピーク信号に対して、低周波側の幅が高周波側の幅より大きい第2範囲R2を設定する。

【0084】

これにより、レーダ装置1は、相対速度に応じて、第1範囲R1uでは抽出できなかった履歴ピーク信号を抽出できるようになり、効率的に履歴ピーク信号を抽出することができる。

【0085】

また、上記実施形態に係るレーダ装置1の第2設定部172は、相対速度が減少した場合に、予測部180が予測した今回のピーク信号に対して、高周波側の幅が低周波側の幅より大きい第2範囲R2を設定する。

【0086】

これにより、レーダ装置1は、相対速度に応じて、第1範囲R1uでは抽出できなかった履歴ピーク信号を抽出できるようになり、効率的に履歴ピーク信号を抽出することができる。

【0087】

また、上記実施形態に係るレーダ装置1は、第2期間のピーク信号とピーク抽出部130で抽出した第1期間のピーク信号とをペアリングするペアリング部160と、第2期間のピーク信号と再抽出部171で抽出した第1期間のピーク信号とをペアリングする再ペアリング部173と、をさらに備える。

【0088】

これにより、レーダ装置1は、再抽出したピーク信号のペアリングを行うことができ、ペアリング精度を向上させることができるとともに、物標Tの情報を生成する精度を向上させることができる。

【0089】

また、上記実施形態に係るレーダ装置1の再ペアリング部173は、ピーク抽出部130が第2期間の第1範囲R1においてピーク信号を抽出した場合に、当該ピーク信号と再抽出部171で抽出した第1期間のピーク信号とをペアリングする。

【0090】

これにより、レーダ装置1は、再ペアリング時のミスペアを抑制することができ、ペアリング精度を向上させることができる。

【0091】

また、上記実施形態に係るレーダ装置1の再ペアリング部173は、再抽出部171で抽出した第1期間のピーク信号が静止物でない場合、当該ピーク信号と第2期間のピーク信号とのペアリングを行う。

【0092】

これにより、レーダ装置1は、再ペアリング時のミスペアを抑制することができ、ペアリング精度を向上させることができる。

【0093】

また、上記実施形態に係るレーダ装置1の再ペアリング部173は、再抽出部171で抽出した第1期間のピーク信号に対応する方位角と、抽出部130が抽出した第2期間のピーク信号に対応する方位角とに応じて、ペアリングを行う。

【0094】

これにより、レーダ装置1は、再ペアリング時のミスペアを抑制することができ、ペア

10

20

30

40

50

リング精度を向上させることができる。

【 0 0 9 5 】

なお、上記実施の形態では、第 1 範囲 R 1 u、R 1 d、および 2 範囲 R 2 の少なくともいずれかの範囲内に存在するピーク信号は 1 つと仮定し、範囲内の 1 つのピークを抽出することについて説明した。これに対して、いずれかの範囲内に複数のピーク信号が存在する場合は、予測ピーク信号の周波数との差が最も小さいピーク信号を抽出する。

【 0 0 9 6 】

さらなる効果や変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。このため、本発明のより広範な態様は、以上のように表しかつ記述した特定の詳細および代表的な実施形態に限定されるものではない。したがって、添付の特許請求の範囲およびその均等物によって定義される総括的な発明の概念の精神または範囲から逸脱することなく、様々な変更が可能である。

10

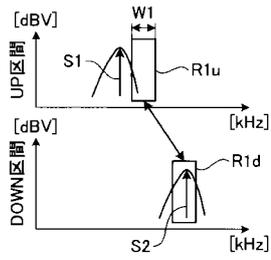
【 符号の説明 】

【 0 0 9 7 】

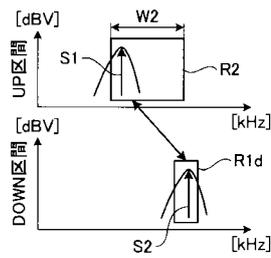
1	レーダ装置
1 0	信号処理装置
2 0	送信部
3 0	受信部
1 3 0	ピーク抽出部
1 6 0	ペアリング部
1 7 0	再ペア処理部
1 7 1	再抽出部
1 7 2	第 2 設定部
1 7 3	再ペアリング部
1 8 0	予測部
2 0 0	第 1 設定部

20

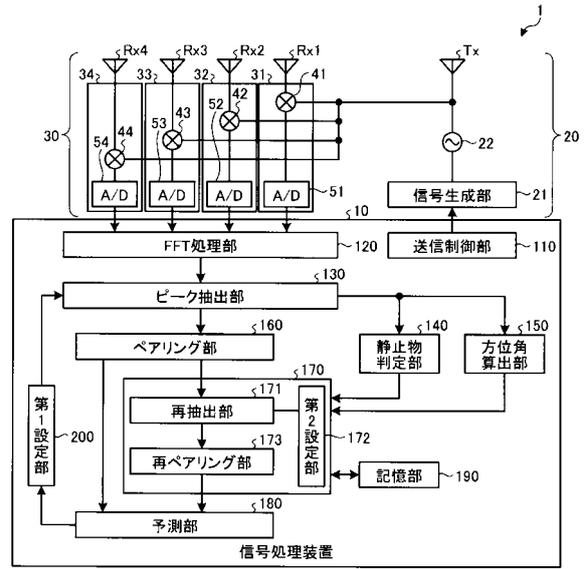
【図1A】



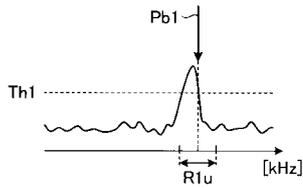
【図1B】



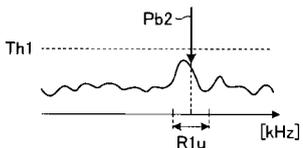
【図2】



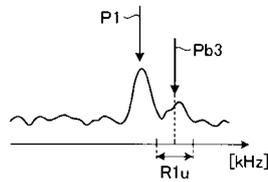
【図3A】



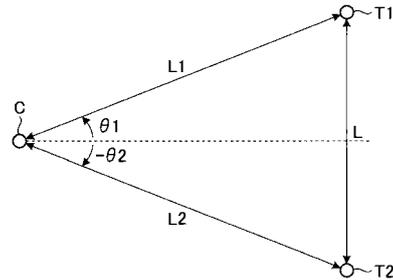
【図3B】



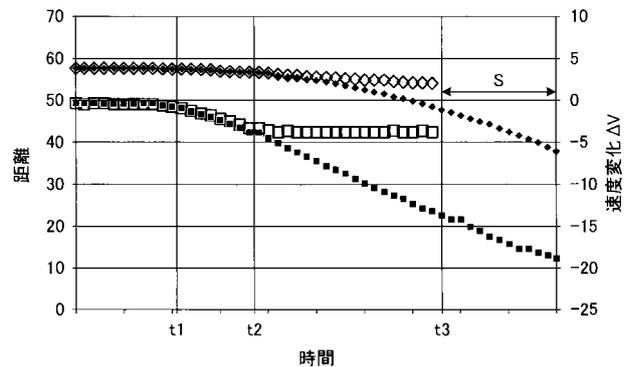
【図3C】



【図4】



【図5】



【 図 6 】

