

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第5602275号
(P5602275)

(45) 発行日 平成26年10月8日(2014.10.8)

(24) 登録日 平成26年8月29日(2014.8.29)

(51) Int. Cl.		F I			
GO 1 S	7/41	(2006.01)	GO 1 S	7/41	
GO 1 S	13/34	(2006.01)	GO 1 S	13/34	
GO 1 S	13/93	(2006.01)	GO 1 S	13/93	Z
GO 8 G	1/16	(2006.01)	GO 8 G	1/16	C

請求項の数 7 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2013-89500 (P2013-89500)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成25年4月22日 (2013.4.22)		三菱電機株式会社
審査請求日	平成25年4月22日 (2013.4.22)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
		(74) 代理人	100110423
			弁理士 曾我 道治
		(74) 代理人	100094695
			弁理士 鈴木 憲七
		(74) 代理人	100111648
			弁理士 梶並 順
		(74) 代理人	100122437
			弁理士 大宅 一宏
		(74) 代理人	100147566
			弁理士 上田 俊一
		(74) 代理人	100161171
			弁理士 吉田 潤一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車載用レーダ装置および車載用レーダ装置に適用される注目ターゲット検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

異なるタイミングで周波数変調された複数の送信信号を送信する送信アンテナと、
前記送信アンテナから送信された前記複数の送信信号がターゲットに反射して戻ってきた反射波を受信信号として受信する複数の受信アンテナと、

前記受信信号に対応するビート信号を生成して信号処理を施すことで、前記ターゲットに関する距離、相対速度、方位を検出する信号処理部と、

前記信号処理部による検出結果に基づいて、車両制御を実現するためのアプリケーションで必要となるターゲットを注目ターゲットとして検出する注目ターゲット検出部と、

前記注目ターゲット検出部により検出された前記注目ターゲットの検知状態が、干渉防止のために一部の送信信号を休止しても前記アプリケーションに影響を与えないターゲット検出精度を維持可能な判定条件を満たすか否かを判定する注目ターゲット検知状態判定部と、

前記注目ターゲット検知状態判定部による判定結果に基づいて、前記注目ターゲットの検知状態が前記判定条件を満たす場合には、前記複数の送信信号のうち、送信を休止する送信信号を選択し、前記注目ターゲットの検知状態が前記判定条件を満たさない場合には、前記複数の送信信号の全てを含む送信信号を選択し、選択した前記送信信号に応じて前記送信アンテナおよび前記受信アンテナによる送受信処理および前記信号処理部による信号処理を制御する制御部と

を備え、

前記注目ターゲット検知状態判定部は、前記注目ターゲットの検知状態として、
前記注目ターゲットを検出した際の信号対雑音電力比、
前記注目ターゲットの左右方向位置に関する、前回の処理周期と今回の処理周期との
 変化量、

一定期間内での前記注目ターゲットの検出回数
 の少なくともいずれか1つを算出する

車載用レーダ装置。

【請求項2】

請求項1に記載の車載用レーダ装置において、
 前記受信アンテナは、3つ以上の受信アンテナで構成され、
 前記制御部は、前記送信アンテナを介して、第1から第 N_{Tx} (N_{Tx} は、2以上の整数)の送信信号を異なるタイミングで送信し、

前記信号処理部は、

前記第1から第 N_{Tx} の送信信号のそれぞれに対する反射波を前記3つ以上のアンテナから選択した異なる組合せの受信アンテナセットを介して受信し、

前記第1から第 N_{Tx} の送信信号に対応して、前記ターゲットに関する N_{Tx} 個の角度候補を計測し、

計測した前記 N_{Tx} 個の角度候補を組み合わせて、前記ターゲットの角度を算出し、
 前記注目ターゲット検出部は、前記アプリケーションの仕様に合わせて前記注目ターゲットを抽出するために必要なセンサから取得した、走行速度あるいはヨーレートに関する入力データに基づいて自車の進行方向を推定し、推定した前記自車の進行方向および前記信号処理部による検出結果に基づいて、前記注目ターゲットを検出し、

前記注目ターゲット検知状態判定部は、前記注目ターゲットの検知状態が前記判定条件を満たすか否かを判定し、

前記制御部は、前記注目ターゲット検知状態判定部により前記注目ターゲットの検知状態が前記判定条件を満たすと判定された場合には、前記第1から第 N_{Tx} の送信信号の少なくとも1つの送信信号の送信を一時的に休止する選択をする

車載用レーダ装置。

【請求項3】

請求項2に記載の車載用レーダ装置において、
 前記注目ターゲット検知状態判定部は、前記注目ターゲットの検知状態として、前記注目ターゲットを検出した際の信号対雑音電力比を算出し、算出した前記信号対雑音電力比が前記判定条件である第1閾値よりも大きい場合には、前記判定条件を満たすと判定する
 車載用レーダ装置。

【請求項4】

請求項2に記載の車載用レーダ装置において、
 前記注目ターゲット検知状態判定部は、前記注目ターゲットの検知状態として、前記注目ターゲットの左右方向位置に関して、前回の処理周期と今回の処理周期との変化量を算出し、算出した前記変化量が前記判定条件である第2閾値よりも小さい場合には、前記判定条件を満たすと判定する
 車載用レーダ装置。

【請求項5】

請求項2に記載の車載用レーダ装置において、
 前記注目ターゲット検知状態判定部は、前記注目ターゲットの検知状態として、一定期間内での前記注目ターゲットの検出回数を算出し、算出した前記検出回数が前記判定条件である第3閾値よりも大きい場合には、前記判定条件を満たすと判定する
 車載用レーダ装置。

【請求項6】

請求項1に記載の車載用レーダ装置において、
 前記制御部は、前記送信アンテナを介して、距離範囲ごとに異なる変調周波数幅を持た

せた第1から第 N_{dst} (N_{dst} は、2以上の整数)の送信信号を異なるタイミングで送信し、

前記注目ターゲット検出部は、前記アプリケーションの仕様に合わせて前記注目ターゲットを抽出するために必要なセンサから取得した、走行速度あるいはヨーレートに関する入力データに基づいて自車の進行方向を推定し、推定した前記自車の進行方向および前記信号処理部による検出結果に基づいて、前記注目ターゲットを検出するとともに、検出した前記注目ターゲットが、第 k ($k = 1 \sim N_{dst}$)の距離範囲のいずれに存在するかを判断し、

前記注目ターゲット検知状態判定部は、前記注目ターゲット検出部により前記第 k ($k = 1 \sim N_{dst}$)の距離範囲に存在すると判定された場合には、第 k の送信信号以外の送信信号が送信を休止する送信信号として選択可能と判定し、

前記制御部は、前記注目ターゲット検知状態判定部により送信を休止することが可能と判定された前記第 k の送信信号以外の送信信号の少なくとも1つの送信信号の送信を一時的に休止する選択をする

車載用レーダ装置。

【請求項7】

異なるタイミングで周波数変調された複数の送信信号を送信アンテナから送信する送信ステップと、

前記送信アンテナから送信された前記複数の送信信号がターゲットに反射して戻ってきた反射波を複数の受信アンテナを介して受信信号として受信する受信ステップと、

前記受信信号に対応するビート信号を生成して信号処理を施すことで、前記ターゲットに関する距離、相対速度、方位を検出する信号処理ステップと、

前記信号処理ステップによる検出結果に基づいて、車両制御を実現するためのアプリケーションで必要となるターゲットを注目ターゲットとして検出する注目ターゲット検出ステップと、

前記注目ターゲット検出ステップにより検出された前記注目ターゲットの検知状態が、干渉防止のために一部の送信信号を休止しても前記アプリケーションに影響を与えないターゲット検出精度を維持可能な判定条件を満たすか否かを判定する注目ターゲット検知状態判定ステップと、

前記注目ターゲット検知状態判定ステップによる判定結果に基づいて、前記注目ターゲットの検知状態が前記判定条件を満たす場合には、前記複数の送信信号のうち、送信を休止する送信信号を選択し、前記注目ターゲットの検知状態が前記判定条件を満たさない場合には、前記複数の送信信号の全てを含む送信信号を選択し、選択した前記送信信号に応じて前記送信アンテナおよび前記受信アンテナによる送受信処理および前記信号処理ステップによる信号処理を制御する制御ステップと

を備え、

前記注目ターゲット検知状態判定ステップは、前記注目ターゲットの検知状態として、

前記注目ターゲットを検出した際の信号対雑音電力比、

前記注目ターゲットの左右方向位置に関する、前回の処理周期と今回の処理周期との変化量、

一定期間内での前記注目ターゲットの検出回数
の少なくともいずれか1つを算出する

車載用レーダ装置に適用される注目ターゲット検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーダ搭載車両(以下、自車と表記)と、対象となる物体(以下、ターゲットと表記)との距離や相対速度、角度を測定する装置および方法に関するものであり、他の車両に搭載された車載用レーダ装置との干渉を低減させること、および消費電力を低減させることが可能な車載用レーダ装置および車載用レーダ装置に適用される注目ターゲッ

10

20

30

40

50

ト検出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、車載用レーダ装置によって測定されるターゲットの距離、相対速度、角度などの測定結果は、車両の安全性や快適性を向上するための車両用アプリケーションで活用されており、レーダ搭載車数は増加傾向にある。ここで、このような車両用アプリケーションとしては、以下のものが具体例として挙げられる。

- ・自車が前方の障害物に衝突した際の被害を軽減する衝突被害軽減ブレーキシステム (CMB: Collision Mitigation Brake)

- ・前方の車両に追従するアダプティブクルーズコントロールシステム (ACC: Adaptive Cruise Control)

- ・車両の走行中に後側方から他車が接近してきて、車線変更等に危険があるときに運転者に警報し、車両運転の安全性を高めようとする後側方監視システム (BSW: Blind Spot Warning)

【0003】

車載用レーダ装置では、たとえば、対向車とすれ違うときや、他の車両と並走するときなどに、各車両に搭載しているレーダ装置間の電磁波が干渉するおそれがある。従って、レーダ搭載車両数が多くなるほど、干渉発生確率は高くなる。

【0004】

干渉が発生すると、他のレーダの送信波を自車のレーダ装置が受信してしまったり、他のレーダの送信波がターゲットから反射し、その反射波を自車のレーダ装置が受信してしまったりすることで、自車のレーダ装置の検出する距離、相対速度、角度などの測定結果に誤差を生じる問題がある。

【0005】

レーダの干渉を低減する方法として、例えば、次のような従来技術が挙げられる (例えば、特許文献1参照)。この特許文献1では、変調高周波信号をスイッチングして送信アンテナから送信させるスイッチング手段を備えている。そして、レーダ装置の距離の分解能や相対速度の分解能を考慮して、レーダ装置の距離や相対速度の計測処理に必要な時間のみスイッチング手段をオンとし、それ以外の時間をオフとする送信制御を行っている。この結果、電磁波の送信時間が送信の周期Tに対して小さくなるように制御し、干渉確率を低減している。

【0006】

ところで、車載用レーダ装置は、小型・低価格化が進んでおり、小型・低価格でありながら、高機能なレーダ装置を実現するための手法として、たとえば、次のような従来技術が挙げられる (例えば、特許文献2参照)。この特許文献2では、送信手段によって送信され、ターゲットに反射して戻ってきた電磁波を、一列に並んだ少なくとも3つのアンテナにて受信している。そして、受信信号選択手段が、これらのアンテナの受信信号の中から、任意の隣接する2つのアンテナから得られる一対の受信信号を選択して出力している。

【0007】

そして、この特許文献2によれば、受信手段では、アンテナの数によらず、2つの受信信号についてのみビート信号を生成すればよい。このように、複数のアンテナの中から一部のアンテナの受信信号のみを選択して信号処理を行うことは、部品点数の削減につながるため、装置の小型・低価格化を行ううえで効果的である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特許第3230016号公報

【特許文献2】特許第3627389号公報

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、従来技術には、以下のような課題がある。

3つの受信アンテナの中から2つのアンテナを選択して信号処理を行う場合でも、3つの受信アンテナすべてを一括して受信して信号処理を行う場合と同等の処理周期、および、検知性能を得るためには、同じ変調周波数幅の送信波について、各アンテナの受信信号に対して、少なくとも1回はA/D変換や信号処理を行う必要がある。

【0010】

このため、各レーダ装置は、3つの受信アンテナすべてを一括して受信して信号処理を行う場合と比較して、同じ変調周波数幅の送信波（一定の変調周波数幅を持つ送信波を、以降では、送信信号と呼ぶ）を2回は送信しなければならない。従って、2倍の時間だけその周波数帯域を占有することになり、その結果、各レーダ装置の送信波同士が干渉する可能性が高くなってしまふ。

10

【0011】

ここで、特許文献2のようなレーダ装置に対して、干渉対策技術として、特許文献1に記載されている技術を適用することが考えられる。このような適用により、レーダ装置の距離の分解能や相対速度の分解能を考慮して、レーダ装置の距離や相対速度の計測処理に必要な時間のみスイッチング手段をオンとし、それ以外の時間をオフとする送信制御を行うことで、干渉発生確率を低減することは可能である。

【0012】

20

しかしながら、特許文献2に記載のレーダ装置のように、ある送信信号によって得られる受信信号に対して、それぞれ異なる信号処理が行われる場合、例えば、ある2つのアンテナの組合せAで受信する際に計測する角度範囲と、それ以外の2つのアンテナの組合せBで受信する際に計測する角度範囲とが異なるような場合、実際のレーダ検知結果次第では、必ずしもアンテナの組合せA用の送信信号とアンテナの組合せB用の送信信号の両方を送信しなくても、CMBやACCなどの上位のアプリケーションに影響を与えない程度に、十分に精度良くターゲットを検知できる可能性がある。

【0013】

また、別の例として、ある送信信号によって得られる受信信号によって計測する距離範囲Cと、ある送信信号によって得られる受信信号によって計測する距離範囲Dとが異なるような場合、実際のレーダ検知結果次第では、必ずしも距離範囲C用の送信信号と距離範囲D用の送信信号の両方を送信しなくても、CMBやACCなどの上位のアプリケーションに影響を与えない程度に、十分に精度良くターゲットを検知できる可能性がある。

30

【0014】

さらに、車載用レーダ装置では、動作に必要な電力は全て車内で発電しなければならないため、消費電力の低減も重要な課題の1つである。

【0015】

本発明は、前記のような課題を解決するためになされたものであり、CMBやACCなどの上位のアプリケーションに影響を与えない程度に精度良くターゲットを検出しつつ、干渉の発生確率の低減および消費電力の低減を図ることのできる車載用レーダ装置および車載用レーダ装置に適用される注目ターゲット検出方法を得ることを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明の車載用レーダ装置は、異なるタイミングで周波数変調された複数の送信信号を送信する送信アンテナと、送信アンテナから送信された複数の送信信号がターゲットに反射して戻ってきた反射波を受信信号として受信する複数の受信アンテナと、受信信号に対応するビート信号を生成して信号処理を施すことで、ターゲットに関する距離、相対速度、方位を検出する信号処理部と、信号処理部による検出結果に基づいて、車両制御を実現するためのアプリケーションで必要となるターゲットを注目ターゲットとして検出する注目ターゲット検出部と、注目ターゲット検出部により検出された注目ターゲットの検知状

50

態が、干渉防止のために一部の送信信号を休止してもアプリケーションに影響を与えないターゲット検出精度を維持可能な判定条件を満たすか否かを判定する注目ターゲット検知状態判定部と、注目ターゲット検知状態判定部による判定結果に基づいて、注目ターゲットの検知状態が判定条件を満たす場合には、複数の送信信号のうち、送信を休止する送信信号を選択し、注目ターゲットの検知状態が判定条件を満たさない場合には、複数の送信信号の全てを含む送信信号を選択し、選択した送信信号に応じて送信アンテナおよび受信アンテナによる送受信処理および信号処理部による信号処理を制御する制御部とを備え、注目ターゲット検知状態判定部は、注目ターゲットの検知状態として、注目ターゲットを検出した際の信号対雑音電力比、注目ターゲットの左右方向位置に関する、前回の処理周期と今回の処理周期との変化量、一定期間内での注目ターゲットの検出回数の少なくともいずれか1つを算出するものである。

10

【0017】

また、本発明の車載用レーダ装置に適用される注目ターゲット検出方法は、異なるタイミングで周波数変調された複数の送信信号を送信アンテナから送信する送信ステップと、送信アンテナから送信された複数の送信信号がターゲットに反射して戻ってきた反射波を複数の受信アンテナを介して受信信号として受信する受信ステップと、受信信号に対応するビート信号を生成して信号処理を施すことで、ターゲットに関する距離、相対速度、方位を検出する信号処理ステップと、信号処理ステップによる検出結果に基づいて、車両制御を実現するためのアプリケーションで必要となるターゲットを注目ターゲットとして検出する注目ターゲット検出ステップと、注目ターゲット検出ステップにより検出された注目ターゲットの検知状態が、干渉防止のために一部の送信信号を休止してもアプリケーションに影響を与えないターゲット検出精度を維持可能な判定条件を満たすか否かを判定する注目ターゲット検知状態判定ステップと、注目ターゲット検知状態判定ステップによる判定結果に基づいて、注目ターゲットの検知状態が判定条件を満たす場合には、複数の送信信号のうち、送信を休止する送信信号を選択し、注目ターゲットの検知状態が判定条件を満たさない場合には、複数の送信信号の全てを含む送信信号を選択し、選択した送信信号に応じて送信アンテナおよび受信アンテナによる送受信処理および信号処理ステップによる信号処理を制御する制御ステップとを備え、注目ターゲット検知状態判定ステップは、注目ターゲットの検知状態として、注目ターゲットを検出した際の信号対雑音電力比、注目ターゲットの左右方向位置に関する、前回の処理周期と今回の処理周期との変化量、一定期間内での注目ターゲットの検出回数の少なくともいずれか1つを算出するものである。

20

30

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、レーダ装置のターゲット検知状況に応じて、電磁波である複数の送信信号のうちの一部の送信を休止するか否かをレーダ装置が判断し、レーダ装置が周波数帯域を占有する時間を短くするとともに、レーダ装置が電磁波を送信しない時間を長くすることにより、CMBやACCなどの上位のアプリケーションに影響を与えない程度に精度良くターゲットを検出しつつ、干渉の発生確率の低減および消費電力の低減を図ることのできる車載用レーダ装置および車載用レーダ装置に適用される注目ターゲット検出方法を得ることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の実施の形態1における車載用レーダ装置のブロック図である。

【図2】本発明の実施の形態1における受信アンテナ部を構成する各アンテナの位置関係を示す概念図である。

【図3】本発明の実施の形態1における送信信号に関する説明図である。

【図4】本発明の実施の形態1におけるアンテナ間隔と位相モノパルス方式における測角値の関係を表す図である。

【図5】本発明の実施の形態1における極座標系と直交座標系の座標変換の定義を表す概

50

念図である。

【図6】本発明の実施の形態1における第2の送信信号を休止するように制御した場合の送信信号に関する説明図である。

【図7】本発明の実施の形態2における車載用レーダ装置のブロック図である。

【図8】本発明の実施の形態2における各観測期間の長さと言調周波数幅の定義を表す概念図である。

【図9】本発明の実施の形態2における送信信号に関する説明図である。

【図10】本発明の実施の形態2における第2の送信信号を休止するように制御した場合の送信信号に関する説明図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0020】

以下、本発明の車載用レーダ装置および車載用レーダ装置に適用される注目ターゲット検出方法の好適な実施の形態につき図面を用いて説明する。なお、以下の実施の形態1、2では、レーダ装置がFMCWレーダ装置の場合の例を示すが、本発明は、FMCWレーダ装置以外の他のレーダ装置に対しても適用可能である。

【0021】

実施の形態1.

図1は、本発明の実施の形態1における車載用レーダ装置のブロック図である。図1に示した本実施の形態1における車載用レーダ装置1は、制御部101、送信信号生成部102、送信アンテナ部103、受信アンテナ部104、ビート信号生成部105、受信切替スイッチ106、A/D変換部107、信号処理部108、注目ターゲット検出部109、および注目ターゲット検知状態判定部110を備えて構成されている。

20

【0022】

また、車載用レーダ装置1は、外部との入出力として、走行速度センサ2およびヨーレートセンサ3から入力データを取得し、車両制御部4に対して出力データを与えている。

【0023】

図2は、本発明の実施の形態1における受信アンテナ部104を構成する各アンテナRx1、Rx2およびRx3の位置関係を示す概念図である。本実施の形態1では、アンテナRx1、Rx2間の距離をd1、アンテナRx2、Rx3間の距離をd2とすると、距離d1 < d2の関係にあるとする。

30

【0024】

次に、図1に示した車載用レーダ装置1内の各構成要素について説明する。

制御部101は、例えば、専用のロジック回路や、汎用のCPU(Central Processing Unit)、DSP(Digital Signal Processor)内のプログラム、あるいはこれらの組み合わせと、データ記憶回路(メモリ)とで構成され、車載用レーダ装置1の各構成要素の動作タイミングなどを制御する。

【0025】

送信信号生成部102内のVCO102aは、制御部101のVCO制御信号(すなわち、VCOの制御電圧)に応じて、時間的に周波数が変化するように変調された送信信号を生成する。

40

【0026】

図3は、本発明の実施の形態1における送信信号に関する説明図である。より具体的には、詳細は後述する第1の送信信号および第2の送信信号を送信する場合における、変調パターン(図3(a))、送信休止制御信号(図3(b))、A/D変換対象受信アンテナと時間の関係を表す概念図(図3(c))をそれぞれ示している。

【0027】

図3(a)の変調パターンに示すように、送信信号には、あらかじめ設定された一定の観測期間内に、時間経過につれて送信信号の周波数が高くなるアップチャープ期間と、時間経過につれて送信信号の周波数が低くなるダウンチャープ期間とが設けられている。

【0028】

50

なお、図3(a)に示した送信信号には、第1の受信アンテナの組合せ(Rx1、Rx2)で反射波を受信するために送信する第1の送信信号と、第2の受信アンテナの組合せ(Rx2、Rx3)で反射波を受信するために送信する第2の送信信号、の2種類の送信信号のそれぞれについて、アップチャープ期間とダウンチャープ期間が設けられている。

【0029】

すなわち、本実施の形態1では、1つの処理周期内の送信信号に、第1の送信信号のアップチャープ期間、第1の送信信号のダウンチャープ期間、第2の送信信号のアップチャープ期間、第2の送信信号のダウンチャープ期間の4つの期間が存在している。

【0030】

次に、送信信号生成部102内の送信制御アンプ102bは、図3(b)に示す制御部101の送信休止制御信号にて、送信を休止しないように制御されている状態(すなわち、送信ON状態)においては、送信信号を既定の大きさに増幅して、送信アンテナ103へ入力する。

【0031】

一方、制御部101の送信休止制御信号にて、送信を休止するように制御されている状態(すなわち、送信OFF状態)においては、送信信号を送信アンテナ103から送信しないよう、送信制御アンプの出力を最小限まで小さくする。

【0032】

なお、当然であるが、第1の送信信号および第2の送信信号を送信しない時間帯は、送信を休止する。送信アンテナ103は、送信制御アンプ102bによって規定の大きさに増幅された送信信号を、空間へ送信する。送信された電磁波は、ターゲット(図示せず)に照射され、反射した電磁波が、受信アンテナ104を構成する各アンテナRx1、Rx2、Rx3にて受信される。

【0033】

各アンテナRx1、Rx2、Rx3で受信された電磁波は、受信信号としてビート信号生成部105の各ミキサ105a1~105a3に入力される。各ミキサ105a1~105a3のそれぞれは、各アンテナRx1、Rx2、Rx3を介して受信されたそれぞれの受信信号と、送信信号生成部102から出力され分配回路105bを介して分配入力される送信信号とから、ビート信号を生成する。

【0034】

ビート信号は、BPFおよびアンプ105c内の帯域通過フィルタ(BPF:Band-Pass Filter)にて、レーダの検知に不要な低い周波数成分と、高い周波数成分が抑圧され、さらにアンプにより、規定の大きさに増幅される。

【0035】

受信切替スイッチ106は、制御部101の受信切替信号にて制御され、受信アンテナ104を構成する各アンテナRx1、Rx2、Rx3のうち、図3(c)に示すように、第1の送信信号に対しては第1の受信アンテナの組合せ(Rx1、Rx2)、第2の送信信号に対しては第2の受信アンテナの組合せ(Rx2、Rx3)を選択するように切り換えられる。

【0036】

第1の送信信号を送信した場合には、A/D変換部107は、受信切替スイッチ106を介して取得したRx1のビート信号の電圧値およびRx2のビート信号の電圧値を、制御部101からのA/D制御信号に基づいて、規定のサンプリング周波数およびサンプリング点数でA/D変換し、信号処理部108へ入力する。

【0037】

一方、第2の送信信号を送信した場合には、A/D変換部107は、受信切替スイッチ106を介して取得したRx2のビート信号の電圧値およびRx3のビート信号の電圧値を、制御部101からのA/D制御信号に基づいて、規定のサンプリング周波数およびサンプリング点数でA/D変換し、信号処理部108へ入力する。なお、当然であるが、送信を休止している間は、A/D変換部107は、A/D変換を実施しなくてよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

信号処理部 108 は、第 1 の送信信号を送信した場合には、 $R \times 1$ のビート信号のデジタルデータ、および、 $R \times 2$ のビート信号のデジタルデータに対し、FFT (Fast Fourier Transform) を施すことにより、アップチャープ期間のビート周波数 $U1_R \times 1$ 、 $U1_R \times 2$ を算出し、記憶する。なお、ターゲットが複数の場合は、アップチャープ期間で複数のビート周波数を抽出し、全て記憶する。

【 0 0 3 9 】

一方、ダウンチャープ期間の場合も同様にして、FFT によりダウンチャープ期間のビート周波数 $D1_R \times 1$ 、 $D1_R \times 2$ を算出し、記憶する。なお、ターゲットが複数の場合は、ダウンチャープ期間で複数のビート周波数を抽出し、全て記憶する。

10

【 0 0 4 0 】

また、上述したビート周波数は、ビート信号のデジタルデータを FFT により周波数パワースペクトラムに変換し、パワーが極大で、かつ、あらかじめ設定されたしきい値より大きな周波数を抽出するなどして得ることができる。

【 0 0 4 1 】

第 2 の送信信号を送信した場合にも、第 1 の送信信号を送信した場合と同様に、 $R \times 2$ のビート信号のデジタルデータ、および、 $R \times 3$ のビート信号のデジタルデータに対し、FFT を施すことにより、アップチャープ期間のビート周波数 $U2_R \times 2$ 、 $U2_R \times 3$ 、および、ダウンチャープ期間のビート周波数 $D2_R \times 2$ 、 $D2_R \times 3$ を記憶する。

20

【 0 0 4 2 】

次いで、信号処理部 108 は、第 1 の送信信号と第 2 の送信信号のそれぞれに対して得られたビート周波数を用いて、アップチャープ期間でのビート周波数とダウンチャープ期間でのビート周波数とで、公知の FMCW レーダの原理に基づき、ターゲットの距離と相対速度を算出する。

【 0 0 4 3 】

なお、ターゲットが複数の場合には、記憶されているダウンチャープ期間で抽出された複数のビート周波数と、記憶されているアップチャープ期間で抽出された複数のビート周波数で、あらかじめ定められた制約条件 (例えば、公知であるピークパワーの大きさが近いものをペアリングする) などに基づいて、複数のターゲットについて、それぞれ、距離と相対速度を算出する。

30

【 0 0 4 4 】

次いで、信号処理部 108 は、角度候補を算出する手段にて、ターゲットの角度候補を算出する。本実施の形態 1 では、位相モノパルス方式で角度候補を算出する場合について説明する。

【 0 0 4 5 】

図 2 に示すように、角度 θ_1 にあるターゲットからの反射波が、間隔 d_1 にて配置された 2 つのアンテナ $R \times 1$ 、 $R \times 2$ にて同時に受信される場合を考える。この場合、各アンテナ $R \times 1$ 、 $R \times 2$ にて受信される反射波の経路長の差 L_1 、およびこの経路長の差 L_1 に基づく位相差 ϕ_1 は、送信波の波長を λ とすると、次式 (1)、(2) にて表される。

40

$$L_1 = d_1 \cdot \sin \theta_1 \quad (1)$$

$$\phi_1 = 2\pi \cdot (L_1 / \lambda) \quad (2)$$

【 0 0 4 6 】

この関係に基づき、次式 (3) が導かれ、その結果、位相差 ϕ_1 からターゲットの角度 θ_1 が算出できる。

$$\theta_1 = \arcsin \left(\left(\frac{\phi_1 \cdot \lambda}{2\pi \cdot d_1} \right) \right) \quad (3)$$

【 0 0 4 7 】

同様にして、間隔 d_2 にて配置された 2 つのアンテナ $R \times 2$ 、 $R \times 3$ にて同時に受信される場合を考える。この場合も、各アンテナ $R \times 2$ 、 $R \times 3$ にて受信される反射波の経路長の差 L_2 、およびこの経路長の差 L_2 に基づく位相差 ϕ_2 から、ターゲットの角度候

50

補 2 が、次式 (4) にて算出できる。

$$2 = a \sin \left(\left(\frac{2 \cdot \dots}{2 \cdot d_2} \right) \right) \quad (4)$$

【0048】

アンテナ間隔 d_1 のアンテナの組合せ ($R \times 1$ 、 $R \times 2$) から角度候補を算出するための上式 (3) は、本発明における第 1 の角度候補算出手段の処理に相当する。また、アンテナ間隔 d_2 のアンテナの組合せ ($R \times 2$ 、 $R \times 3$) から角度候補を算出するための上式 (4) は、本発明における第 2 の角度候補算出手段の処理に相当する。

【0049】

この第 1 の角度候補算出手段は、第 1 の送信信号のアップチャープ期間のビート周波数 $U_1 \text{ } R \times 1$ の複素信号、ビート周波数 $U_1 \text{ } R \times 2$ の複素信号から得られる位相差を用いて、角度候補 θ_{U_1} を算出し、第 1 の送信信号のダウンチャープ期間のビート周波数 $D_1 \text{ } R \times 1$ の複素信号、ビート周波数 $D_1 \text{ } R \times 2$ の複素信号から得られる位相差を用いて、角度候補 θ_{D_1} を算出する。

10

【0050】

同等に、この第 2 の角度候補算出手段は、第 2 の送信信号のアップチャープ期間のビート周波数 $U_2 \text{ } R \times 2$ の複素信号、ビート周波数 $U_2 \text{ } R \times 3$ の複素信号から得られる位相差を用いて、角度候補 θ_{U_2} を算出し、第 2 の送信信号のダウンチャープ期間のビート周波数 $D_2 \text{ } R \times 2$ の複素信号、ビート周波数 $D_2 \text{ } R \times 3$ の複素信号から得られる位相差を用いて、角度候補 θ_{D_2} を算出する。

【0051】

20

ただし、各アンテナ $R \times 1$ 、 $R \times 2$ および $R \times 3$ で受信される反射波の経路長の差から得られる位相差は、 $-\dots \sim +\dots$ の範囲内である。このため、上述した計算によって算出できる角度候補の範囲は、アンテナ間隔 d_1 および d_2 に依存し、また、角度候補は、1 つとは限らない。

【0052】

一例として、レーダ装置の要求する検知範囲が $\pm 20 \text{ deg}$ の範囲内であり、波長 $\lambda = 3.92 \text{ mm}$ (搬送波の中心周波数 $F = 76.5 \text{ GHz}$)、アンテナ間隔 $d_1 = 2.7 \text{ mm}$ 、 $d_2 = 13.5 \text{ mm}$ の場合についての処理を、以下に説明する。

【0053】

図 4 は、本発明の実施の形態 1 におけるアンテナ間隔と位相モノパルス方式における測角値の関係を表す図である。より具体的には、アンテナ間隔が 2.7 mm の場合と、アンテナ間隔が 13.5 mm の場合の、実際にターゲットが存在する角度と位相モノパルス方式における測角値の関係を示している。

30

【0054】

図 4 に示すとおり、アンテナ間隔が 2.7 mm の場合、角度が $\pm 45 \text{ deg}$ 付近より広角になると、位相差が $\pm \dots$ の範囲を超えて位相が折りがえってしまい、正しい角度が測定できていないことがわかる。そして、 $\pm 90 \text{ deg}$ 付近のターゲットが $\pm 25 \text{ deg}$ 付近に折りがえって測定されるおそれがあることを考慮すると、アンテナ間隔が 2.7 mm で誤りなく測定できる角度範囲は、 $\pm 25 \text{ deg}$ 程度の範囲内となる。

【0055】

40

一方で、アンテナ間隔が 13.5 mm の場合、 $\pm 8 \text{ deg}$ の範囲で折りがえってしまい、 $\pm 8 \text{ deg}$ より広角では正しい角度が測定できていないことがわかる。この場合、たとえ測角値として 0 deg という結果が得られたとしても、ターゲットの角度が本当に 0 deg なのか、それとも他の角度 (たとえば $+17 \text{ deg}$ 付近) なのかを判別することができない。

【0056】

前述の通り、レーダ装置の要求する検知範囲は、 $\pm 20 \text{ deg}$ であるので、第 1 の角度候補算出手段における角度候補は、 $\pm 20 \text{ deg}$ の範囲で 1 つだけ得られ、 $\pm 20 \text{ deg}$ を超える角度候補は、破棄する。

【0057】

50

一方で、第2の角度候補算出手段における角度候補は、 $\pm 20 \text{ deg}$ の範囲内で3つ以下となる(たとえば、 -17 deg 、 0 deg 、 $+17 \text{ deg}$ の3つの角度候補)。ここでは、一例として、アンテナ間隔 $d_2 = 13.5 \text{ mm}$ の場合を示したが、 $d_2 > 13.5 \text{ mm}$ の場合、角度候補の数は、さらに増加する。

【0058】

なお、本実施の形態1では、第1のアンテナの組合せ($R \times 1$ 、 $R \times 2$)で角度候補を算出した場合に、レーダ装置の要求する検知範囲内(たとえば、 $\pm 20 \text{ deg}$ の範囲内)で、前述の角度の折り返しがなく、角度候補をただ1つだけ算出できるように設計されていることとする。

【0059】

次いで、信号処理部108は、第1の角度候補計測手段および第2の角度候補計測手段のそれぞれによって計測されたターゲットの角度候補を組み合わせて、ターゲットの角度を算出する。具体的には、アンテナ間隔 d_2 で得られる角度候補 $_U 2$ (または角度候補 $_D 2$)の中から、アンテナ間隔 d_1 で得られる角度候補 $_U 1$ (または角度候補 $_D 1$)に最も近い角度候補を選択し、選択されたアンテナ間隔 d_2 の角度をターゲットの角度 とする。

【0060】

一般に、アンテナ間隔が狭いほど雑音による影響を受けやすい。このため、アンテナ間隔 d_1 で得られる角度を用いてアンテナ間隔 $d_2 (> d_1)$ で得られる角度の候補の中から1つの角度候補を選択することで、ターゲットの角度 をより高い精度で測定できる。

【0061】

なお、同じアンテナ間隔で算出された角度である角度 $_U 1$ および角度 $_D 1$ や、角度候補 $_U 2$ および角度候補 $_D 2$ は、それぞれ平均化してもよい。

【0062】

次いで、信号処理部108は、ターゲットの距離 D_{st} 、相対速度 V_{rel} 、角度 の測定結果に対して、極座標から直交座標への座標変換を行う。図5は、本発明の実施の形態1における極座標系と直交座標系の座標変換の定義を表す概念図である。信号処理部108は、この図5に示すように、次式(5)~(7)により、少なくとも、ターゲットの左右方向位置 X 、前後方向位置 Y 、前後方向相対速度 V_y を算出する。

$$Y = D_{st} \times \cos \quad (5)$$

$$X = D_{st} \times \sin \quad (6)$$

$$V_y = V_{rel} \div \cos \quad (7)$$

【0063】

なお、レーダ装置では、周囲の環境やマルチパスによる電力の変動などにより、一時的にターゲットの反射波が弱くなったり、検出されなくなったりする場合がある。このため、検出しているターゲットについて、時系列で相関を取り、ターゲットの左右方向位置 X 、前後方向位置 Y 、前後方向相対速度 V_y などの測定結果を、前回処理周期の検出結果と平滑化するなどして、検出精度の向上を図るような構成としてもよい。

【0064】

なお、図5では、レーダ装置が自車の前方中央を原点として、レーダ装置の搭載位置がこの原点であり、かつ、レーダ装置の 0 deg が自車の前方面面と一致するように搭載される場合について説明した。しかしながら、レーダ装置の搭載位置が原点に対してオフセットしている場合や、レーダ装置の搭載角度が自車の前方面面に対して回転している場合(すなわち、自車の後側方にレーダが搭載されているような場合)などには、その搭載位置や搭載角度を考慮して極座標から直交座標への座標変換を行う。

【0065】

次いで、注目ターゲット検出部109は、車両制御部4での各種アプリケーションにて車両制御や各種警報をするために必要となるターゲットを、注目ターゲットとして抽出する。

【0066】

10

20

30

40

50

例えば、車両制御部 4 が A C C や C M B などのように前方用のアプリケーションを用いている場合、注目ターゲット検出部 1 0 9 は、走行速度センサ 2 やヨーレートセンサ 3 からの入力データにより、自車の進行方向を推定し、自車線内に存在するターゲットのうち、最も自車に近いターゲットを注目ターゲットとして選択する。

【 0 0 6 7 】

また、車両制御部 4 が B S W のように後側方用のアプリケーションを用いている場合、注目ターゲット検出部 1 0 9 は、走行速度センサ 2 やヨーレートセンサ 3 からの入力データにより、自車の進行方向を推定し、自車が車線変更をしようとしている方向の車線に存在するターゲットのうち、最も自車に近いターゲットを注目ターゲットとして選択する。

【 0 0 6 8 】

注目ターゲットは、対象とするアプリケーションや車両制御システムの仕様によって異なるため、アプリケーションによっては、複数選択してもよい。また、本実施の形態 1 では、走行速度センサ 2 とヨーレートセンサ 3 のみを、注目ターゲット抽出のためのセンサとして記載したが、アプリケーションの仕様に合わせて、注目ターゲットを抽出するために必要なセンサ類は、適宜追加される。

【 0 0 6 9 】

注目ターゲット検知状態判定部 1 1 0 は、注目ターゲットの横位置の変化量、信号対雑音電力比、追尾成立回数などを評価する。そして、注目ターゲット検知状態判定部 1 1 0 は、これらの評価結果に基づいて、注目ターゲットの検知状態が安定しており、第 2 の送信信号の送信を休止しても各種アプリケーションの車両制御や警報に影響を与えないと判断した場合、制御部 1 0 1 が第 2 の送信信号の送信を休止するように制御する。

【 0 0 7 0 】

前述のように、アンテナ間隔が狭いほど、測角値は雑音による影響を受けやすい。しかしながら、注目ターゲットの状態が十分に安定していれば、第 2 の送信信号を送信せずに、アンテナ間隔 d_2 で得られる角度を算出しなくても、レーダ装置による検出結果は、各種アプリケーションの車両制御や警報に影響を与えない程度に抑えられる。

【 0 0 7 1 】

ここで、本実施の形態 1 では、注目ターゲットの状態が安定しているか否かを判断する指標として、左右方向位置の変化量 X 、信号対雑音電力比 $S N R$ 、追尾成立回数 $N_{t r k}$ を用いる場合について説明する。

【 0 0 7 2 】

まず始めに、左右方向位置の変化量 X は、前回の処理周期で検出したターゲットの左右方向位置 $X_{p r e}$ と、今回の処理周期で検出したターゲットの左右方向位置 $X_{n o w}$ の差を表している。このため、注目ターゲット検知状態判定部 1 1 0 は、

$|$ 左右方向位置の変化量 $X| <$ 左右方向位置の変化量閾値 $X_{t h}$
の条件を満たしていれば、制御部 1 0 1 が第 2 の送信信号を停止するように制御する。

【 0 0 7 3 】

前述のように、アンテナ間隔が狭いほど、測角値は雑音による影響を受けやすい。しかしながら、注目ターゲットの左右方向位置 X の変化量が十分に小さければ、第 2 の送信信号を送信せずに、アンテナ間隔 d_2 で得られる角度を算出しなくても、レーダ装置による検出結果は、各種アプリケーションの車両制御や警報に影響を与えない程度に抑えられる。

【 0 0 7 4 】

なお、ここでは前回の処理周期で検出したターゲットの左右方向位置 $X_{p r e}$ と、今回の処理周期で検出したターゲットの左右方向位置 $X_{n o w}$ の差を左右方向位置の変化量 X とした。しかしながら、本発明は、この例に限定されることなく、過去数周期分の左右方向位置 X の分散などから注目ターゲットの左右方向位置の変化量 X を算出するようにしてもよい。

【 0 0 7 5 】

次に、信号対雑音電力比 $S N R$ は、ターゲットを検出した際のビート周波数 $U 1 _ R x$

10

20

30

40

50

1などの各ビート周波数の電力が、雑音電力に対して十分に大きいか否かを表す指標である。前述のように、アンテナ間隔が狭いほど、測角値は雑音による影響を受けやすい。しかしながら、信号対雑音電力比 SNR が十分に大きければ、アンテナ間隔が狭くても、十分に精度よく角度を測定できる。

【0076】

このため、

信号対雑音電力比 $SNR >$ 信号対雑音電力比閾値 SNR_{th} の条件を満たしていれば、第2の送信信号を送信せずに、アンテナ間隔 d_2 で得られる角度を算出しなくても、レーダ装置による検出結果は、各種アプリケーションの車両制御や警報に影響を与えない程度に抑えられる。

10

【0077】

次に、追尾成立回数 N_{trk} は、検出している注目ターゲットについて、過去 $N_{trk_{max}}$ 周期分だけ時系列で相関を取り、自車速度などを加味して、毎回の周期にわたって、同一のターゲットを検出した回数である。

【0078】

たとえば、前回周期に検出したターゲットに対し、一定の左右方向位置、前後方向位置、前後方向相対速度の範囲内におさまっているターゲットが今回周期の検出結果の中に存在したとする。この場合には、注目ターゲット検知状態判定部 110 は、前回周期に検出したターゲットと今回周期に検出したターゲットが同一のターゲットであると判定して、追尾成立回数 N_{trk} に1加算する。ここで、 $N_{trk} = N_{trk_{max}}$ の場合、過去 $N_{trk_{max}}$ 周期にわたって、注目ターゲットは検出され続けたことを意味する。

20

【0079】

レーダ装置においては、周囲の環境やマルチパスによる影響などにより、必ずしも毎回の周期で同様にターゲットを検出できるわけではない。例えば、一時的に反射波の強度が弱まるなどして、レーダ装置で検出できない場合や、角度が大きすぎてしまい、前記左右方向位置、前後方向位置、前後方向相対速度の範囲内におさまらずに、同定が成立しないことがある。

【0080】

一般に、レーダ装置では、一時的に同定が成立しなかった場合には、過去の処理周期で検出したターゲットの距離や相対速度などから、今回周期のターゲットの距離や相対速度を予測して、検出結果を補完している。一方、同定が成立した場合には、前回処理周期の検出結果などと平滑化するなどして検出精度の向上を図っている。

30

【0081】

すなわち、

追尾成立回数 $N_{trk} >$ 追尾成立回数閾値 $N_{trk_{th}}$ の条件を満たしていれば、連続した処理周期にわたって、ターゲットを同定し続けることができ、検出結果はほぼ毎回の周期にわたって平滑化されているので、安定してターゲットを検出できているといえる。この結果、本実施の形態1における車載用レーダ装置は、第2の送信信号を送信せずに、アンテナ間隔 d_2 で得られる角度を算出しなくても、安定してターゲットを検出できる。

40

【0082】

なお、左右方向位置の変化量閾値 X_{th} 、信号対雑音電力比閾値 SNR_{th} 、追尾成立回数 $N_{trk_{th}}$ は、対象とするアプリケーションの要求に応じて適切に設定する。また、左右方向位置の変化量 X 、信号対雑音電力比 SNR 、追尾成立回数 $N_{trk_{th}}$ の条件は、例えば、

$$\left(\left| \text{左右方向位置の変化量 } X \right| < \text{左右方向位置の変化量閾値 } X_{th} \right. \\ \left. \text{かつ追尾成立回数 } N_{trk} > \text{追尾成立回数閾値 } N_{trk_{th}} \right)$$

のように、それぞれ組み合わせて使用してもよい。

【0083】

図6は、本発明の実施の形態1における第2の送信信号を休止するように制御した場合

50

の送信信号に関する説明図である。より具体的には、制御部 101 が第 2 の送信信号の送信を休止するように制御した場合における、変調パターン（図 6（a））、送信休止制御信号（図 6（b））、A/D 変換対象受信アンテナと時間の関係を表す概念図（図 6（c））をそれぞれ示している。

【0084】

以上のように、実施の形態 1 によれば、ターゲットの検知状態の安定度を評価した結果に応じて第 2 の送信信号を送信するか否かを判断している。これにより、アプリケーション側が要求するレーダ装置の検出性能を満足しつつ、レーダ装置が電磁波を送信する頻度を減らすことができる。この結果として、他のレーダ装置との干渉の発生確率を低減するとともに、消費電力を低減することのできる車載用レーダ装置を得ることができる。

10

【0085】

ここで、本実施の形態 1 の場合において、処理周期を T_{proc} 、第 1 の送信信号の送信時間を t_1 、第 2 の送信信号の送信時間を t_2 とすると、第 1 の送信信号も第 2 の送信信号も送信する際の干渉発生確率 $P_{c_{01}}$ は、

$$P_{c_{01}} = (t_1 + t_2) / T_{proc}$$
で表される。

【0086】

これに対して、第 2 の送信信号を休止するように制御した際の干渉発生確率 $P_{c_{01}}$ は、

$$P_{c_{01}} = t_1 / T_{proc}$$

20

となる。従って、 $t_1 = t_2$ の場合は、干渉の発生確率を半分まで低減させることができることとなる。

【0087】

なお、本実施の形態 1 では、第 1 の送信信号のアップチャープ期間、第 1 の送信信号のダウンチャープ期間、第 2 の送信信号のアップチャープ期間、第 2 の送信信号のダウンチャープ期間の 4 つの期間を持つ変調パターンを例に挙げた。しかしながら、本発明は、この例に限定されることなく、 $R \times 1$ と $R \times 2$ で反射波を受信するために送信する第 1 の送信信号と、 $R \times 2$ と $R \times 3$ で反射波を受信するために送信する第 2 の送信信号とが、異なる時間帯に送信される構成であれば、必ずしもすべての送信信号について、アップチャープ期間とダウンチャープ期間の双方を設ける必要はなく、アップチャープ期間のみ、または、ダウンチャープ期間のみ、という構成でもよい。

30

【0088】

また、本実施の形態 1 では、 $R \times 1$ 、 $R \times 2$ 、 $R \times 3$ の 3 つのアンテナの中から、2 つの受信アンテナを選択して受信信号を生成する構成を例として挙げた。しかしながら、本発明は、この例に限定されることなく、アンテナの数 N_{ANT} に対し、受信切替スイッチ 106 で選択するアンテナの数が $(N_{ANT} - 1)$ 以下であり、かつ、異なる時間帯に送信される第 1 の送信信号と、第 2 の送信信号に対する反射波を受信する際のアンテナの組合せが異なるように構成されていれば、アンテナ数 N_{ANT} は、4 以上でもよい。

【0089】

また、本実施の形態 1 では、第 1 の送信信号と第 2 の送信信号の 2 回分の送信信号のみが存在する場合を例に挙げた。しかしながら、本発明は、この例に限定されることなく、異なる時間帯に送信される各送信信号に対する反射波を受信する際のアンテナの組合せが、すべて異なるように設定されていれば、送信信号は、3 回分以上用意してもよい。

40

【0090】

このように送信信号の数が 3 回分以上の場合には、送信を休止する送信信号は、アプリケーション側が要求するレーダ装置の検出性能を満足するように、3 回の送信信号のうち、少なくとも 1 回分以上の送信信号を休止する構成とする。

【0091】

実施の形態 2 .

図 7 は、本発明の実施の形態 2 における車載用レーダ装置のブロック図である。図 7 に

50

示した本実施の形態2における車載用レーダ装置5は、制御部501、送信信号生成部502、送信アンテナ部503、受信アンテナ部504、ビート信号生成部505、A/D変換部507、信号処理部508、注目ターゲット検出部509、および注目ターゲット検知状態判定部510を備えて構成されている。

【0092】

実施の形態2において、送信アンテナ部503、受信アンテナ部504、ビート信号生成部505、A/D変換部507動作および役割は、それぞれ、先の実施の形態1における送信アンテナ部103、受信アンテナ部104、ビート信号生成部105、A/D変換部107と同じである。そこで、以下の説明では、先の実施の形態1と異なる点を中心に説明する。

10

【0093】

本実施の形態2では、送信信号生成部502において、送信信号として、第1の距離範囲から第M(Mは、2以上の整数)の距離範囲用までM種類の距離範囲ごとに、時間的に周波数が高くなるアップチャープ期間と時間的に周波数が低くなるダウンチャープ期間を設けている。

【0094】

ここで、FM CWレーダの原理に基づき、距離範囲の変え方について説明する。図8は、本発明の実施の形態2における各観測期間の長さTと変調周波数幅Bの定義を表す概念図である。図8に示すように、各観測期間の長さ(すなわち、アップチャープ期間およびダウンチャープ期間のそれぞれの長さ)をT、変調周波数幅をBと定義し、搬送波の中心周波数をF、電磁波の速度をCとする。

20

【0095】

この場合、距離が D_{st} 、相対速度が V_{rel} (接近時にマイナス値と定義)のターゲットについて、アップチャープ期間Tで観測されるビート周波数Uは、

$$U = - \{ (2 \times B) / (C \times T) \} \times D_{st} - \{ (2 \times F) / C \} \times V_{rel}$$

ダウンチャープ期間Tで観測されるビート周波数Dは、

$$D = \{ (2 \times B) / (C \times T) \} \times D_{st} - \{ (2 \times F) / C \} \times V_{rel}$$

で表される。

【0096】

FFTでは、その離散周波数幅 f (刻み)は、観測期間Tにより

$$f = 1 / T$$

で表される。

30

【0097】

従って、観測期間TのサンプルデータN個(ただし、Nは2のべき乗)をFFTした場合、得られる周波数の範囲は

$$- (N / 2) \times (1 / T) \sim (N / 2 - 1) \times (1 / T)$$

である。

【0098】

ここで、アップチャープ期間Tのビート周波数が、上記マイナス値側の限界周波数になる最大距離 D_{stMU} は、

$$- (N / 2) \times (1 / T)$$

$$= - \{ (2 \times B) / (C \times T) \} \times D_{stMU} - \{ (2 \times F) / C \} \times V_{rel}$$

の式変形により、

$$D_{stMU} = \{ (C \times N) / (4 \times B) \} - \{ (T \times F) / B \} \times V_{rel}$$

となる。そして、第1項、第2項の両方に含まれる変調周波数幅Bを変えることで、FFTで得られる周波数範囲内における最大距離 D_{stMU} を変えることができる。

40

【0099】

同様に、ダウンチャープ期間Tのビート周波数が、上記プラス値側の限界周波数になる最大距離 D_{stMD} は、

$$(N / 2 - 1) \times (1 / T)$$

50

$$= \{ (2 \times B) / (C \times T) \} \times D_{stMD} - \{ (2 \times F) / C \} \times V_{rel}$$
 の式変形により、

$$D_{stMD} = \{ C / (2 \times B) \} \times (N / 2 - 1) + \{ (T \times F) / B \} \times V_{rel}$$
 となる。そして、第1項、第2項の両方に含まれる変調周波数幅Bを変えることで、FFTで得られる周波数範囲内における最大距離 D_{stMD} を変えることができる。

【0100】

ただし、一般に測定すべきターゲットの相対速度 V_{rel} は、マイナス値からプラス値に渡って幅を有するので、その相対速度範囲内で得られる上記 D_{stMU} 、 D_{stMD} のうち、最小値を運用上の最大距離とする。

【0101】

上記を踏まえ、複数の観測期間ごとで異なる変調周波数幅Bを設けることにより、FFTにより周波数が得られる距離範囲を観測期間ごとに複数設定できる。以下では、複数として、 $M = 2$ の場合を例として説明する。

【0102】

図9は、本発明の実施の形態2における送信信号に関する説明図である。より具体的には、詳細は後述する第1の送信信号および第2の送信信号を送信する場合における、変調パターン(図9(a))、送信休止制御信号(図9(b))、A/D変換対象受信アンテナと時間の関係を表す概念図(図9(c))をそれぞれ示している。

【0103】

図9(a)の変調パターンに示すように、送信信号には、あらかじめ設定された一定の観測期間内に、第1の送信信号に対して、第1の距離範囲用アップチャープ期間および第1の距離範囲用ダウンチャープ期間、第2の送信信号に対して、第2の距離範囲用アップチャープ期間および第2の距離範囲用ダウンチャープ期間が設けられている。

【0104】

ただし、

第1の距離範囲における最大距離 < 第2の距離範囲における最大距離
 の関係が成立するように、第1の距離範囲用の変調周波数幅 B_1 と、第2の距離範囲用の変調周波数幅 B_2 が設定されているものとする。

【0105】

信号処理部508は、入力されたビート信号のデジタルデータに対し、実施の形態1の信号処理部108と同様にして、第1の送信信号におけるアップチャープ期間のビート周波数、第1の送信信号におけるダウンチャープ期間のビート周波数、第2の送信信号におけるアップチャープ期間のビート周波数、第2の送信信号におけるダウンチャープ期間のビート周波数をそれぞれ抽出し、ターゲットの距離、相対速度、角度を算出する。

【0106】

注目ターゲット検出部509は、実施の形態1の注目ターゲット検出部109と同様に、注目ターゲットを抽出する。さらに、注目ターゲット検知状態判定部510は、注目ターゲットの存在する距離範囲を確認し、注目ターゲットが第1の距離範囲に存在するか、第2の距離範囲に存在するかを確認する。

【0107】

そして、注目ターゲット検知状態判定部510は、注目ターゲットが第1の距離範囲に存在する場合には、制御部501にて、第2の送信信号を休止するように制御し、注目ターゲットが第2の距離範囲に存在する場合には、制御部501にて、第1の送信信号を休止するように制御する。なお、第1の距離範囲と第2の距離範囲の境界値付近の場合は、第1の送信信号と第2の送信信号の両方を送信するようにしてもよい。

【0108】

図10は、本発明の実施の形態2における第2の送信信号を休止するように制御した場合の送信信号に関する説明図である。より具体的には、制御部501が第2の送信信号の送信を休止するように制御した場合における、変調パターン(図10(a))、送信休止制御信号(図10(b))、A/D変換対象受信アンテナと時間の関係を表す概念図(図

10

20

30

40

50

10(c))をそれぞれ示している。

【0109】

なお、本実施の形態2では、FFTにより周波数が得られる距離範囲Mとして、M=2の場合を例に挙げた。しかしながら、本発明は、この例に限定されることなく、Mは3以上でもよい。Mが3以上の場合、送信を休止する送信信号は、アプリケーション側が要求するレーダ装置の検出性能を満足するように、M回の送信信号のうち、少なくとも1回分以上の送信信号を休止する構成とする。

【0110】

以上のように、実施の形態2によれば、ターゲットの検知状態の距離範囲を評価した結果に応じて第2の送信信号を送信するか否かを判断している。これにより、アプリケーション側が要求するレーダ装置の検出性能を満足しつつ、レーダ装置が電磁波を送信する頻度を減らすことができる。この結果として、他のレーダ装置との干渉の発生確率を低減するとともに、消費電力を低減することのできる車載用レーダ装置を得ることができる。

【0111】

なお、本発明を実施するための形態として、実施の形態1と実施の形態2の2つを示したが、2つの実施の形態を組み合わせてもよい。例えば、次のような条件で第1から第4の送信信号を送信するような車載用レーダ装置を構成し、アプリケーション側が要求するレーダ装置の検出性能を満足するように、第1から第4の少なくとも1つの送信信号を休止するように制御することが挙げられる。

【0112】

- ・受信アンテナの数 = 3、受信アンテナを選択する数 = 2、距離範囲M = 2とする。
- ・第1の距離範囲用であり、かつ、第1の受信アンテナの組合せ(Rx1、Rx2)で反射波を受信するために送信する第1の送信信号において、アップチャープ期間およびダウンチャープ期間を設定する。
- ・第1の距離範囲用であり、かつ、第2の受信アンテナの組合せ(Rx2、Rx3)で反射波を受信するために送信する第2の送信信号において、アップチャープ期間およびダウンチャープ期間を設定する。
- ・第2の距離範囲用であり、かつ、第1の受信アンテナの組合せ(Rx1、Rx2)で反射波を受信するために送信する第3の送信信号において、アップチャープ期間およびダウンチャープ期間を設定する。
- ・第2の距離範囲用であり、かつ、第2の受信アンテナの組合せ(Rx2、Rx3)で反射波を受信するために送信する第4の送信信号において、アップチャープ期間およびダウンチャープ期間を設定する。

【符号の説明】

【0113】

1 車載用レーダ装置、2 走行速度センサ、3 ヨーレートセンサ、4 車両制御部、5 車載用レーダ装置、101 制御部、102 送信信号生成部、102a VOC、102b 送信制御アンプ、103 送信アンテナ部、104 受信アンテナ部、105 ビート信号生成部、105a 各ミキサ、105b 分配回路、105c アンプ、106 受信切替スイッチ、107 A/D変換部、108 信号処理部、109 注目ターゲット検出部、110 注目ターゲット検知状態判定部、501 制御部、502 送信信号生成部、502a VOC、502b 送信制御アンプ、503 送信アンテナ部、504 受信アンテナ部、505 ビート信号生成部、505a 各ミキサ、505b 分配回路、505c アンプ、507 A/D変換部、508 信号処理部、509 注目ターゲット検出部、510 注目ターゲット検知状態判定部。

【要約】

【課題】干渉の発生確率を低減し、精度良くターゲットを検知するとともに、消費電力の低減を図る。

【解決手段】送信アンテナ(103)と、複数の受信アンテナ(104)と、受信信号に対応するビート信号を生成して信号処理を施すことで、ターゲットを検出する信号処理部

10

20

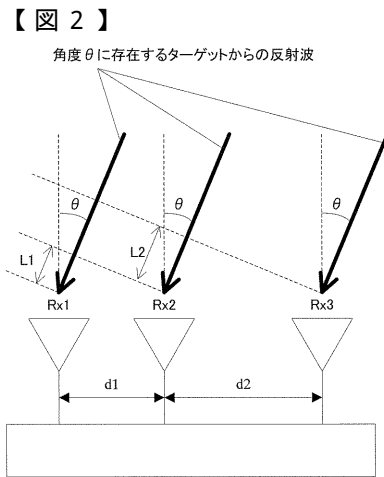
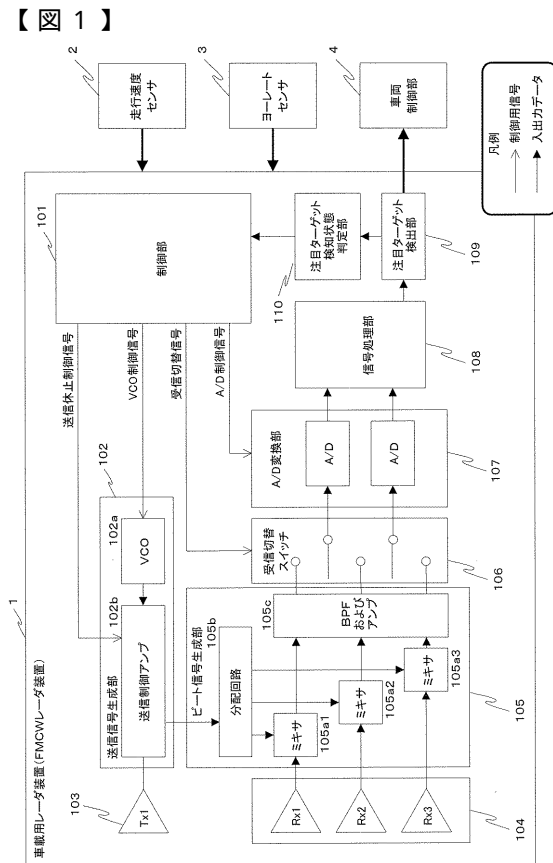
30

40

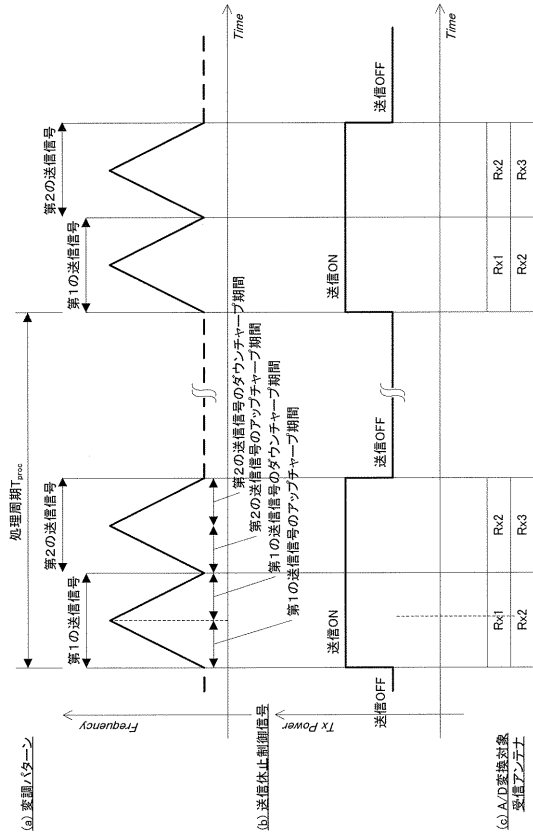
50

(108)と、信号処理部による検出結果に基づいて注目ターゲットを検出する注目ターゲット検出部(109)と、注目ターゲットの検知状態があらかじめ決められた判定条件を満たすか否かを判定する注目ターゲット検知状態判定部(110)と、注目ターゲットの検知状態が判定条件を満たす場合には、複数の送信信号のうち、送信を休止する送信信号を選択し、選択した送信信号に応じて送信アンテナおよび受信アンテナによる送受信処理および信号処理部による信号処理を制御する制御部(101)とを備える。

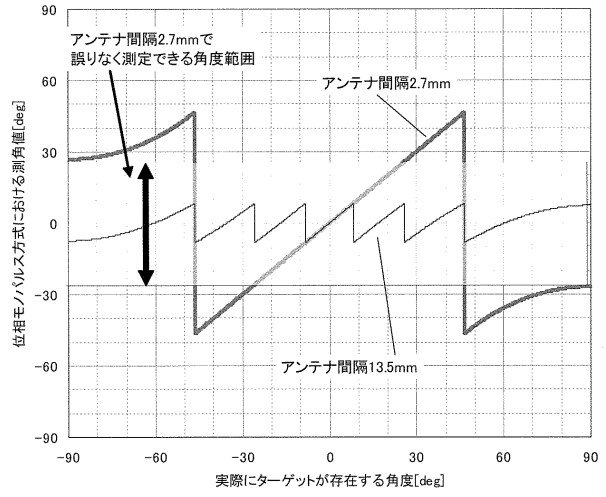
【選択図】図1



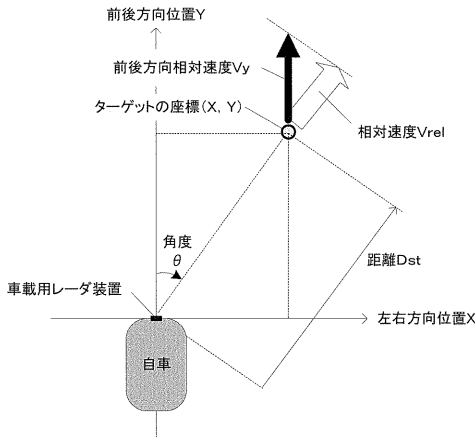
【図3】



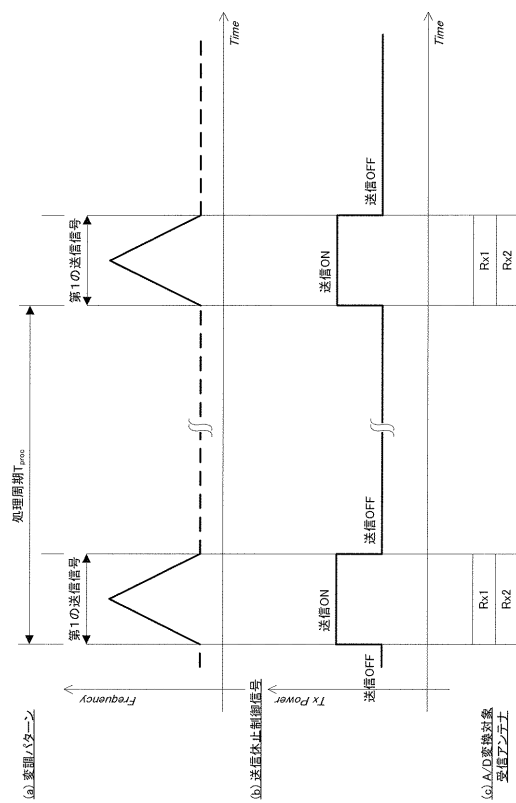
【図4】



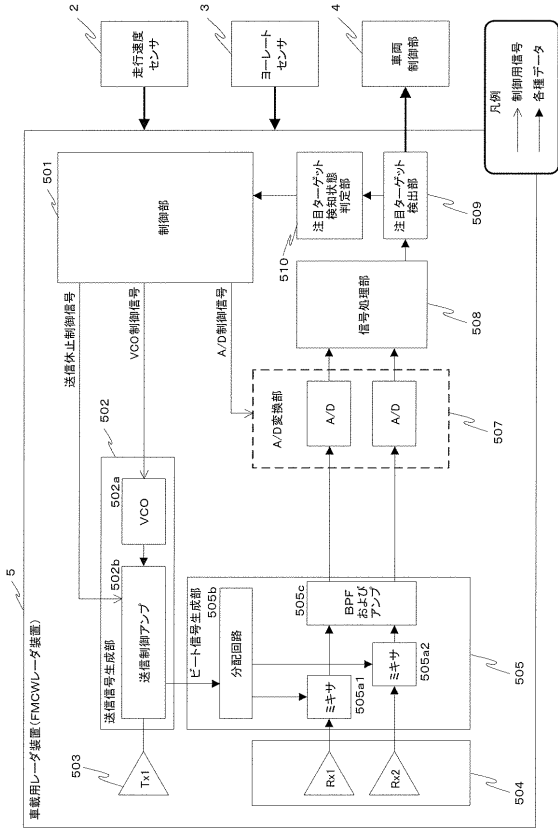
【図5】



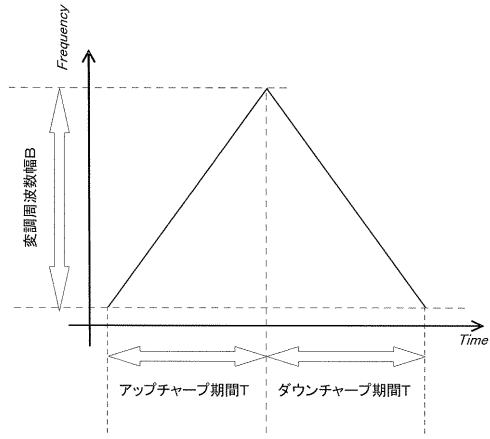
【図6】



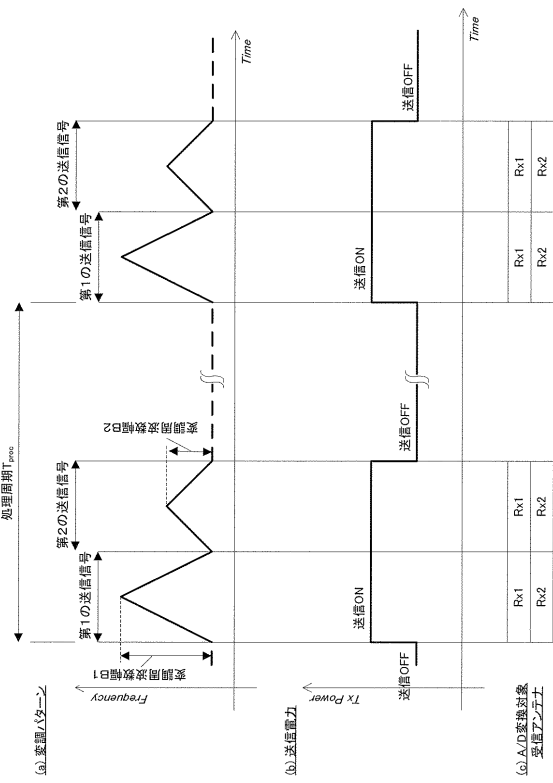
【図7】



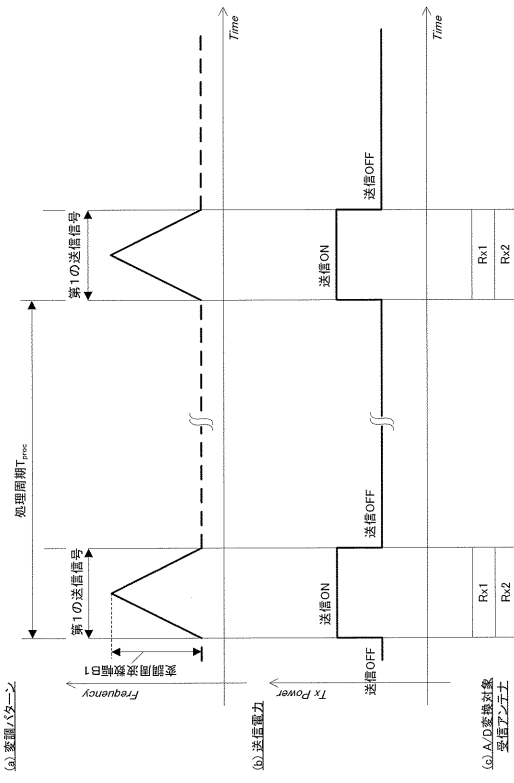
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(74)代理人 100161115

弁理士 飯野 智史

(72)発明者 合田 雄一

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 小川 亮

(56)参考文献 特許第3627389(JP, B2)

特開平10-282228(JP, A)

特開2002-236169(JP, A)

特開2013-088279(JP, A)

特開2013-076568(JP, A)

特許第3230016(JP, B2)

特開平05-019045(JP, A)

特開2007-263915(JP, A)

特開平08-086875(JP, A)

特開2010-025944(JP, A)

特開平05-240947(JP, A)

特開平08-005733(JP, A)

特開2002-236170(JP, A)

特開平10-020025(JP, A)

特開平08-136647(JP, A)

特開2004-085452(JP, A)

特開平11-133144(JP, A)

特開2009-109417(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 7/41

G01S 13/34

G01S 13/93

G08G 1/16