

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3746235号
(P3746235)

(45) 発行日 平成18年2月15日(2006.2.15)

(24) 登録日 平成17年12月2日(2005.12.2)

(51) Int. Cl.		F I
GO 1 S 13/38	(2006.01)	GO 1 S 13/38
GO 1 S 13/93	(2006.01)	GO 1 S 13/93

請求項の数 5 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2001-555830 (P2001-555830)	(73) 特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(86) (22) 出願日	平成12年1月28日(2000.1.28)	(74) 代理人	100077816 弁理士 春日 譲
(86) 国際出願番号	PCT/JP2000/000464	(72) 発明者	黒田 浩司 日本国茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立研究所内
(87) 国際公開番号	W02001/055745	(72) 発明者	高野 和朗 日本国茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社 日立製作所 自動車機器グループ内
(87) 国際公開日	平成13年8月2日(2001.8.2)		
審査請求日	平成15年2月25日(2003.2.25)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 距離計測装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電波を放射し、測定対象物からの反射波を受信し、測定対象物を検出する距離計測装置において、

第1の周波数の信号を所定の時間以上連続送信し、第1の周波数から所定の周波数差を持つ第2の周波数の信号を所定の時間以上連続送信し、第1の周波数から上記所定の周波数差の2以上の整数倍の周波数差を持つ信号を、1以上の整数であるN個の周波数の信号にわたり送信する送信手段(10、18)と、

上記第1の周波数信号、第2の周波数信号、N個の周波数信号のそれぞれの送信周波数における上記測定対象物からの反射波のドップラー周波数を計測する受信手段(11、12、13、14、15)と、

複数の測定対象物のそれぞれを分離して検出する検出処理手段(16)と、
を備えることを特徴とする距離計測装置。

【請求項2】

請求項1記載の距離計測装置において、上記Nは1であることを特徴とする距離計測装置。

【請求項3】

請求項1又は2記載の距離計測装置において、

上記検出処理手段(16)は、受信信号のドップラー周波数毎に測定対象物を分離検出する第1の分離検出機能と、受信されたドップラー周波数の位相情報と振幅情報を計測し、

10

20

これらの位相情報と振幅情報から、ほぼ同一のドップラー周波数を持つ複数の測定対象物を分離検出する第2の分離検出機能とを有することを特徴とする距離計測装置。

【請求項4】

請求項1、2又は3記載の距離計測装置において、
上記送信手段(10、18)は、1個の発信器(18)を有し、この1個の発振器(18)により、複数の周波数を周期的に切り換えながら送信することを特徴とする距離計測装置。

【請求項5】

電波を放射し、測定対象物からの反射波を受信し、測定対象物を検出する距離計測装置において、

第1の周波数の信号を所定の時間以上連続送信し、第1の周波数から所定の周波数差を持つ第2の周波数の信号を所定の時間以上連続送信し、第1の周波数から上記所定の周波数差の2以上の整数倍の周波数差を持つ信号を、1以上の整数であるN個の周波数信号にわたり送信する手段であって、上記第1の周波数の信号と第2の周波数の信号とを時間的に交互に切り換えて送信する第1の時間領域と、第1の周波数信号から第(N+2)の周波数信号をそれぞれ時間的に切り換えて送信する第2の時間領域とを有する送信手段(10、18)と、

上記第1の周波数、第2の周波数、N個の周波数のそれぞれの送信周波数における、上記測定対象物からの反射波のドップラー周波数を計測する受信手段(11、12、13、14、15)と、

複数の測定対象物のそれぞれを分離して検出する検出処理手段(16)と、
を備えることを特徴とする距離計測装置。

【発明の詳細な説明】

技術分野

本発明は、電波を放射して、測定対象物からの反射波を受信し、対象物を検出し、その対象物までの距離や相対速度を検出する距離計測装置に関する。

背景技術

距離計測装置の例としては自動車用の距離計測装置がある。この自動車用の距離計測装置では、電波を放射して車や障害物などのターゲットからの反射波を受信し、電波の伝播時間や反射波の強弱、周波数のドップラーシフトなどを検出し、その結果からターゲットまでの距離や相対速度を計測している。

ターゲットまでの距離や相対速度の計測にはいくつかの方式があり、例えば、電子情報通信学会誌1996年10月号pp977-981の「自動車用ミリ波レーダの開発動向」に各種方式が記載されている。

また、レーダの方式として、2つの周波数を切替える2周波CW(Continuous Wave)方式や、送信周波数に三角変調を施すFMCW方式(Frequency Modulated Continuous Wave)方式や、パルス波を送信してパルス波の往復時間から距離を計測するパルス方式などが知られている。

また、FMCW方式レーダ装置における複数ターゲットを分離検出する方法について、特開平11-133143号公報や特開平9-152477号公報などに記載がある。

また、研究では、送信周波数をステップ状に切り替えながら、各送信周波数における反射信号を受信し、これらの信号にフーリエ逆変換を施して時間軸情報として、距離を計測する方式についても、例えば電子情報通信学会論文誌A Vol. J81-A, No4, pp. 490-495「ステップドFM符号レーダの測距処理について」(1998/4)にあるような研究がなされている。

一方、ドップラーシフトを利用してターゲットの相対速度を計測し、2つの周波数を切り替えることでそれぞれの周波数における受信信号の位相情報から、ターゲットまでの距離を計測する2周波CW方式について、その原理を図11を用いて説明する。

1つの発信器を用いる2周波CW方式の場合、図11の(A)に示すように、2つの周波数F1(f1)、F2(f2)を時間的に交互に切替えながら送信する。従来技術におい

10

20

30

40

50

ては、周波数 F_1 と F_2 とを時間的に切替える周期が 100 KHz 程度であり、2つの周波数 F_1 と F_2 との差分 f は 300 KHz 程度である。

次に、受信側では、それぞれの送信周波数 F_1 、 F_2 における受信信号を高速フーリエ変換処理し、受信されたビート信号の周波数スペクトラムを得る。計測した受信周波数スペクトラムの例を図11の(B)に示す。ターゲットが存在する場合、図11の(B)に示すように、周波数スペクトラム上で、ターゲットの持つ相対速度に相当する周波数(ドップラー周波数)の領域にターゲットの信号が表れる。

2周波CW方式では、2つの送信周波数 F_1 、 F_2 のそれぞれについてターゲットの情報を得ることができる。2周波CW方式のようなドップラー周波数を利用するレーダ方式では、このようにして得られた周波数スペクトルの情報から、相対速度の異なる複数ターゲットを分離検出可能である。

10

そして、分離検出した各ターゲットについて、それらの相対速度をドップラー周波数から計算する。2周波CW方式での2つの受信信号の周波数スペクトルの情報を、位相と振幅のベクトル表示をすると図11(C)に示すように表わされる。これら2つのパワースペクトラム F_1 、 F_2 の位相角の差 θ が、ターゲットまでの距離に比例する。

パワースペクトラム F_1 、 F_2 をそれぞれ、複素数の $\text{Signal}(1)$ 、 $\text{Signal}(2)$ で表すと、送信周波数 F_1 と F_2 との差分 f が既知であることから、距離(Range)と、2つの周波数の位相差 θ との関係は以下の(1)式で表わされる。

$$\text{Range} = (c \cdot |\theta|) / (4 \cdot \pi \cdot f) \quad \text{--- (1)}$$

ただし、 $f = F_2 - F_1$

20

$\theta = \arg(\text{Signal}(1)) - \arg(\text{Signal}(2))$ 、 c は光速である。

以上により、2周波CW方式では、ターゲットとの相対速度はドップラー周波数から計算することができ、ターゲットまでの距離は位相角情報から計算することができる。

発明の開示

しかしながら、2周波CW方式に代表されるドップラーシフトを利用する距離計測装置では、相対速度でターゲットを分離検出しているため、同一の相対速度を持つ複数ターゲットの分離検出が困難であった。

このため、例えば、2つの障害物が実際に存在していても、一つの障害物しか存在していないと判断する場合があった。

本発明の目的は、ドップラー周波数を利用するレーダ装置において、相対速度がほぼ等しい複数ターゲットを分離検出できる機能を有する距離計測装置を実現することである。

30

上記目的を達成するための、本発明は次のように構成される。

(1) 電波を放射し、測定対象物からの反射波を受信し、測定対象物を検出する距離計測装置において、第1の周波数の信号を所定の時間以上連続送信し、第1の周波数から所定の周波数差を持つ第2の周波数の信号を所定の時間以上連続送信し、第1の周波数から上記所定の周波数差の2以上の整数倍の周波数差を持つ信号を、1以上の整数であるN個の周波数の信号にわたり送信する送信手段と、上記第1の周波数信号、第2の周波数信号、N個の周波数信号のそれぞれの送信周波数における上記測定対象物からの反射波のドップラー周波数を計測する受信手段と、複数の測定対象物のそれぞれを分離して検出する検出処理手段とを備える。

40

(2) 好ましくは、上記(1)において、上記Nは1である。

(3) また、好ましくは、上記(1)、(2)において、上記検出処理手段は、受信信号のドップラー周波数毎に測定対象物を分離検出する第1の分離検出機能と、受信されたドップラー周波数の位相情報と振幅情報を計測し、これらの位相情報と振幅情報から、ほぼ同一のドップラー周波数を持つ複数の測定対象物を分離検出する第2の分離検出機能とを有する。

(4) また、好ましくは、上記(1)、(2)、(3)において、上記送信手段は、1個の発信器を有し、この1個の発振器により、複数の周波数を周期的に切り換えながら送信する。

(5) 電波を放射し、測定対象物からの反射波を受信し、測定対象物を検出する距離計測

50

装置において、第1の周波数の信号を所定の時間以上連続送信し、第1の周波数から所定の周波数差を持つ第2の周波数の信号を所定の時間以上連続送信し、第1の周波数から上記所定の周波数差の2以上の整数倍の周波数差を持つ信号を、1以上の整数であるN個の周波数信号にわたり送信する手段であって、上記第1の周波数の信号と第2の周波数の信号とを時間的に交互に切り換えて送信する第1の時間領域と、第1の周波数信号から第(N+2)の周波数信号をそれぞれ時間的に切り換えて送信する第2の時間領域とを有する送信手段と、上記第1の周波数、第2の周波数、N個の周波数のそれぞれの送信周波数における、上記測定対象物からの反射波のドップラー周波数を計測する受信手段と、複数の測定対象物のそれぞれを分離して検出する検出処理手段とを備える。

【図面の簡単な説明】

図1は、本発明の第1の実施形態であるレーダ装置（距離計測装置）のブロック図である。

図2は、第1の実施形態における送信信号の時間変化の示す図である。

図3は、測定対象物と距離計測装置との位置関係の例を示す図である。

図4は、測定対象物が複数存在するときのパワースペクトルの例を示す図である。

図5は、周波数スペクトルの例を示す図である。

図6は、3つの周波数を送信する方式の測定対象物までの距離を算出する処理フローチャートである。

図7は、本発明の第2の実施形態における送信信号周波数の時間変化を示す図である。

図8は、本発明の第3の実施形態における送信信号周波数の時間変化を示す図である。

図9は、第3の実施形態における測定対象物までの距離を算出する処理フローチャートである。

図10は、送信信号周波数の時間変化の他の例を示す図である。

図11は、従来の2周波CW方式の例の説明図である。

発明を実施するための最良の形態

以下に本発明の実施形態を図1から図10を用いて説明する。

図1は、本発明の第1の実施形態であるレーダ装置（距離計測装置）のブロック図であり、自動車用の距離計測装置に適用した場合の例である。

図1において、発信器18は、変調器17からの変調信号19に基づく発信周波数で発信を行い、発信された高周波信号が送信アンテナ10から放射される。自動車用の距離計測装置においては、高周波信号としてミリ波帯の電波信号が通常用いられている。

車両や障害物等のターゲット（測定対象物）から反射されて返ってくる電波信号を受信アンテナ11で受信し、ミキサ12で周波数変換を施す。ミキサ12へは、発信器18の出力信号の一部が方向性結合器を介して供給されており、この発信器18からの信号と、受信アンテナ11からの受信信号とのミキシングによって発生するビート信号がミキサ12からアナログ回路部13へ送られる。

ドップラー周波数を利用して相対速度や距離を計測するレーダ方式で、直接ベースバンドに変換するホモダイン方式の受信系の場合、ミキサ12から出力されるビート信号がすなわちドップラー周波数となる。

そして、ミキサ12から出力されるビート信号は、アナログ回路部13からA/Dコンバータ14に供給され、デジタル信号に変換され、FFT（高速フーリエ変換）部15に供給される。このFFT部14では、高速フーリエ変換によりビート信号の周波数スペクトラムを振幅と位相との情報として計測し信号処理部16へ送る。

次に、本発明の第1の実施形態である距離計測装置における、送信信号の一例を図2に示す。図2に示す例では、3つの送信周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 を時間的に切替える方式について示している。これら3つの周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 のうち、互いに隣接する周波数の差分（ f_1 と f_2 、 f_2 と f_3 ）は、同じ差分値 f となるよう設定している。

これらの3つの周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 を時間的に切り換えながら送信し、それぞれの周波数における受信信号を計測し、各送信周波数における周波数スペクトルの情報を得る。

ここで、図3に示すように、2つのターゲットA、Bが同程度の相対速度であり、距離が

10

20

30

40

50

異なる場合を考える。このとき、各送信周波数に対して、ターゲット A、B からの反射波は、ほぼ同一のドップラー周波数をもつ。このため、ターゲット A、B の相対速度に相当するドップラー周波数でのパワースペクトルは、2 つのターゲット A、B からの反射波が合成された信号となる。

すなわち、図 4 に示すように、ターゲット A からの反射波のパワースペクトル A と、ターゲット B からのパワースペクトル B との合成スペクトルが観測されることになる。

図 2 に示した 3 つの送信周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 を切替える距離計測装置で、同程度の相対速度を持つ 2 つのターゲット A、B を計測した場合、受信される信号の周波数スペクトルの情報は、図 5 に表示したようなベクトルとなる。

すなわち、観測されるのは、2 つのターゲット A、B からの反射波の合成スペクトル、合成 F_1 、合成 F_2 、合成 F_3 の 3 つのベクトルである。これらの合成ベクトルは、送信周波数 $f_1 \sim f_3$ におけるターゲット A からの反射波 (F_1_A 、 F_2_A 、 F_3_A) と、ターゲット B からの反射波 (F_1_B 、 F_2_B 、 F_3_B) とが、それぞれの送信周波数において合わさったベクトルである。

ここで、上記式 (1) で述べたように、送信周波数の差分 Δf が一定のときに、2 つの送信周波数に対する受信信号の位相差と、ターゲット A までの距離は比例する関係にあることから、 F_1_A 、 F_2_A 、 F_3_A の 3 つのベクトルは、隣接するベクトルとのそれぞれの位相角がほぼ同じ値 θ_A となり、ターゲット A までの距離 $Range A$ に比例する。

ターゲット B についても同様に、 F_1_B 、 F_2_B 、 F_3_B の 3 つのベクトルについて、隣接するベクトルとのそれぞれの位相角は、ほぼ同じ値 θ_B となり、ターゲット B までの距離 $Range B$ に比例する。

3 つの合成ベクトル合成 F_1 、合成 F_2 、合成 F_3 を、複素数の $Signal(1) \sim Signal(3)$ で表わすと、受信信号のパワースペクトルは、 F_1_A 、 F_1_B を基準として以下の (2) 式で表わされる。

$$ra = (4\pi \cdot RangeA)/c$$

$$rb = (4\pi \cdot RangeB)/c$$

$$\begin{pmatrix} Signal(1) \\ Signal(2) \\ Signal(3) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ \exp(j \cdot \Delta f \cdot ra) & \exp(j \cdot \Delta f \cdot rb) \\ \exp(j \cdot 2\Delta f \cdot ra) & \exp(j \cdot 2\Delta f \cdot rb) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F1_A \\ F1_B \end{pmatrix} \quad \text{--- (2)}$$

上記 (2) 式の第 1、2 行に、 $\exp(j \cdot \Delta f \cdot ra)$ を掛け、それぞれの上下の行で引き算をすると次式 (3) を得る。

$$\exp(j \cdot \Delta f \cdot rb) = (Signal(2) \cdot \exp(j \cdot \Delta f \cdot ra) - Signal(3)) / (Signal(1) \cdot \exp(j \cdot \Delta f \cdot ra) - Signal(2)) \quad \text{--- (3)}$$

上記 (3) 式で各送信周波数の差 Δf が既知であり、右辺の絶対値が 1 であることから、 $\exp(j \cdot \Delta f \cdot ra)$ を求めることができる。

また、求めた $\exp(j \cdot \Delta f \cdot ra)$ を用いて $\exp(j \cdot \Delta f \cdot rb)$ を算出することができる。

以下に、これらの解法の一例を示す。

まず、 $\exp(j \cdot \Delta f \cdot ra)$ を以下の式 (4) のように置き換える。

$$\begin{aligned} \exp(j \cdot \Delta f \cdot ra) &= \cos(\Delta f \cdot ra) + j \cdot \sin(\Delta f \cdot ra) \\ &= (1 - \tan^2(\Delta f \cdot ra/2)) / (1 + \tan^2(\Delta f \cdot ra/2)) + j \cdot 2 \tan(\Delta f \cdot ra/2) / (1 + \tan^2(\Delta f \cdot ra/2)) \\ &= (1 - x^2) / (1 + x^2) + j \cdot 2x / (1 + x^2) \quad \text{--- (4)} \end{aligned}$$

ここで、 $x = \tan(\Delta f \cdot ra / 2)$ である。

次に、 $Signal(1)$ 、 $Signal(2)$ 、 $Signal(3)$ が既知の値であることから、次式 (5) の条件より x の 2 次方程式として ra を算出する。

10

20

30

40

$$\left| \frac{(\text{Signal}(2) \cdot \exp(j \cdot \Delta f \cdot r_a) - \text{Signal}(3))}{(\text{Signal}(1) \cdot \exp(j \cdot \Delta f \cdot r_a) - \text{Signal}(2))} \right| = 1$$

$$x = (-2\gamma \pm \sqrt{4\gamma^2 - (\alpha - 2\beta)(\alpha + 2\beta)}) / (\alpha + 2\beta) \quad \text{--- (5)}$$

ここで、

$$\begin{aligned} &= - | \text{Signal}(1) |^2 + | \text{Signal}(3) |^2 \\ &= \text{Re}(\text{Signal}(1) \cdot \text{Signal}(2)^* - \text{Signal}(2) \cdot \text{Signal}(3)^*) \\ &= -\text{Im}(\text{Signal}(1) \cdot \text{Signal}(2)^* - \text{Signal}(2) \cdot \text{Signal}(3)^*) \end{aligned}$$

また、Signal(1)、Signal(2)、Signal(3)は計測される合成ベクトル(複素数)であり、*は複素共役(Complex Conjugates)を示す。

以上の式により求めた値を用い、次式(6)により、ターゲットAまでの距離Range A、及びターゲットBまでの距離Range Bを算出する。

$$r_a = (2/\Delta f) \tan^{-1}(x)$$

$$\text{RangeA} = (2 \cdot c / (4\pi \cdot \Delta f)) \tan^{-1}(x)$$

$$\text{RangeB} = (c / (4\pi \cdot \Delta f)) \arg \left(\frac{(\text{Signal}(2) \cdot \exp(j \cdot \Delta f \cdot r_a) - \text{Signal}(3))}{(\text{Signal}(1) \cdot \exp(j \cdot \Delta f \cdot r_a) - \text{Signal}(2))} \right)$$

--- (6)

以上のような3つの周波数f1、f2、f3を送信する方式のターゲットまでの距離を算出する処理フローについて、図6を用いて説明する。

図6のステップ100において、図2に示したようなタイミングで、3つの送信周波数f1、f2、f3を時間的に切換えながら送信する。これらの送信周波数f1、f2、f3の切換えは、図1に示す変調器17から発振器18へ送られる変調信号19によって実現される。

次のステップ101では、ターゲットから反射された受信信号をA/Dコンバータ14でデジタル信号に変換する。このステップ101では、A/Dコンバータ14によるサンプリングを、各送信周波数毎に、FFT処理を施すサンプル点数の回数以上行う。

例えば、FFT処理を施すサンプル点数がN点で、図2に示す各周波数の送信時間tに1回ずつサンプリングする場合、3つの周波数f1、f2、f3を全てサンプリングするまでに(3×N×t)の時間が必要となる。

次に、ステップ102において、A/D入力された受信信号に対してFFT部15によりFFT処理を施す。これにより、3つの送信周波数f1、f2、f3のそれぞれについて、受信信号の周波数スペクトルの情報を得る。

次に、ステップ103で、周波数スペクトルの情報からピーク値を分離し検出する。2周波CW方式のようなドップラー周波数を利用するレーダ方式では、ピーク値の周波数が相対速度に比例しているため、相対速度の異なるターゲットを分離し、各ピークを検出する。

次に、ステップ104で、相対速度が同じピーク値のスペクトル情報を送信周波数f1、f2、f3のそれぞれについて計測する。

次に、ステップ105で、式(5)、式(6)を用いて、相対速度がほぼ等しい2つのターゲットA、Bまでの距離を算出する。

図6に示した一連の処理のうち、ステップ103のピークの分離検出以降、ステップ105までの処理は、図1の信号処理部16によって実行される。

以上のステップ100からステップ105までの処理を繰り返し、距離計測を行い、相対速度がほぼ等しい2つのターゲットA、Bそれぞれと自車(観測者)との距離を算出する。

以上のように、本発明の第1の実施形態によれば、観測者との相対速度がほぼ等しい複数ターゲットを分離検出し、その相対速度と、複数ターゲットそれぞれと観測者との距離を計測することができる機能を有する距離計測装置を実現することができる。

次に、本発明の第2の実施形態について図7を用いて説明する。

10

20

30

40

50

図1から図6を用いて説明した第1の実施形態は、3つの送信周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 を順番に切り換えて、2つのターゲットA、Bを分離検出し、相対速度、それぞれと距離を算出する方式である。本発明による方式では、その計測原理から明らかなように、送信する周波数のステップ数を増やすと、計測できる周波数スペクトルの情報量も増える。計測される周波数スペクトルの情報量を利用し、送信周波数をN周波数とすることで、 $(N - 1)$ 個のターゲットが分離検出可能となる。

そこで、第2の実施形態においては、図7に示すように、4つの送信周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 、 f_4 を時間的に順次切替える方式である。そして、周波数 f_2 は f_1 より f だけ周波数が低く、周波数 f_3 は f_2 より f だけ周波数が低い。また、周波数 f_4 は f_3 より f だけ周波数が低くなっている。また、各周波数の送信時間は t であり、互いに等しくなっている。

このように、送信周波数を f_1 、 f_2 、 f_3 、 f_4 の4つとして、第1の実施形態と同様に、つまり、図1に示した距離計測装置と同様な距離計測装置を用い、図6に示したフローチャートのステップに従って(ただし、スペクトル計測等は、周波数の種類に応じて4つとなる)、3個のターゲットの相対速度、それぞれと観測者との距離を算出することができる。

したがって、第2の実施形態によれば、観測者との相対速度がほぼ等しい3つの複数ターゲットを分離検出し、その相対速度と、複数ターゲットそれぞれと観測者との距離を計測することができる機能を有する距離計測装置を実現することができる。

なお、この他にも、送信周波数を5つ以上切替えながら送信し、複数ターゲットを分離検出する方式も考えられる。

次に、本発明の第3の実施形態について、図8及び図9を用いて説明する。

第1の実施形態の説明で述べたように、A/Dコンバータ14によるサンプリングはFFT処理を施すサンプル点数以上行うため、2つの周波数を送信する場合は、FFT処理を施すデータのサンプリングに、合計で $(2 \times N \times t)$ の時間が必要である。また、3つの周波数を送信する場合は、FFT処理を施すデータのサンプリングに $(3 \times N \times t)$ の時間が必要となる。

ところで、距離計測装置としては、ターゲットが存在する場合には早期に検出することが望ましいため、データをサンプリングしてFFT処理を施す時間は短い方がよい。

そこで、通常は、2周波CW方式で2つの周波数を切り換えながら距離計測を行い、あるタイミングで第3の周波数も送信するように切り換える方式とすれば、処理時間の短い2周波CW方式と、処理時間は2周波CW方式よりも短くは無いが相対速度がほぼ同一の複数のターゲットを分離して計測可能な3つの周波数を用いる方式とを、必要に応じて使用することができる。

上記2周波CW方式と3つの周波数を用いる方式とを切り換えて用いる形態について、送信信号のタイミングを図8に示し、処理フローを図9に示す。

図8に示すように、通常は、2周波CW方式で2つの周波数 f_1 、 f_2 を交互に切り換えながら距離計測を行い、あるタイミングで第3の周波数 f_3 も加え、周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 を順次切り換えて送信する。

2つの周波数 f_1 、 f_2 を送信している第1の時間領域では、従来からの2周波CW方式での距離計測を行い、第3の周波数も送信している第2の時間領域では計測した3つの周波数の情報を利用して、ほぼ同一の相対速度を持つ複数ターゲットを分離して計測する。

2つの周波数 f_1 、 f_2 を送信する場合と、3つの周波数 f_1 、 f_2 、 f_2 を送信する場合とを切り換えるタイミングとしては、例えば、計測されるピークのパワースペクトルの時間変化が所定値以上かどうかで切り換える方式がある。

同一の相対速度のターゲットが複数存在する場合、計測される周波数スペクトルは、図4に示すように、複数のターゲットからの反射波が合成された信号となる。

各ターゲットからの反射波は、マルチパスの影響等で振幅が時間的に変化するため、計測される合成スペクトルの振幅や位相が時間的に大きく変動する。この特性を利用して、2つの周波数 f_1 、 f_2 を送信する時間領域と、3つの周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 を送信する

10

20

30

40

50

時間領域とを切り換える場合の処理フローを図9に示す。

図9において、通常は、ステップ110で、2つの周波数 f_1 、 f_2 を切り換えながら送信する。ステップ101からステップ103までの処理は、図6のフローチャートで説明した処理と同様であるが、2周波計測の時間領域であるのでFFT処理を施す点数をサンプリングする時間は $(2 \times N \times t)$ である。

次に、ステップ111で、各送信周波数 f_1 、 f_2 における受信信号のパワースペクトルを計測する。続いて、ステップ112で、計測したパワースペクトルの振幅と位相の時間変化量が所定値以上であるかどうかを判断する。この場合の所定値として、例えば、振幅や位相の時間変化量が30%以上であった場合に、時間変化量が大きいと判断する場合が考えられる。

ステップ112で、計測したパワースペクトルの時間変化が所定値以下だと判断された場合には、ステップ113に進み、式(1)を用いてターゲットまでの距離を算出し、再びステップ110からの2つの周波数 f_1 、 f_2 を使う距離計測を繰り返す。

ステップ112で、計測したパワースペクトルの振幅と位相の時間変化量が所定値以上であった場合は、ステップ100に進み、図8の3周波計測の時間領域で示したようなタイミングで、3つの周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 を切り換えながら送信する。

次に、図6のフローチャートで説明した処理と同様に、ステップ101からステップ105の処理を行い、2つのターゲットA、Bまでの距離を計測する。この場合、3つの周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 を切り換えながら送信しているので、FFT処理を施す点数をサンプリングする時間は $(3 \times N \times t)$ である。

次に、ステップ114で、同一速度のターゲットが複数個あるかどうかを判断する。同一相対速度のターゲットが複数個ある場合は、ステップ100へ戻り、3つの周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 を送信する処理を継続する。

ステップ114で、同一相対速度のターゲットが複数ないと判断した場合は、ステップ110へ戻り、2つの周波数 f_1 、 f_2 を送信する2周波計測を行う。

このように、2つの周波数 f_1 、 f_2 を送信している時間領域と、3つの周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 を送信している時間領域とをもつことで、通常は $(2 \times N \times t)$ の短い時間でターゲットの存在を計測する事ができ、複数のターゲットが存在する可能性のある場合には、3つの周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 を用いる事で複数のターゲットのそれぞれまでの距離を計測することができる。

以上のように、本発明の第3の実施形態によれば、第1の実施形態と同様な効果を得ることができる他、処理時間の短い2周波CW方式と、処理時間は2周波CW方式よりも短くは無いが相対速度がほぼ同一の複数のターゲットを分離して計測可能な3つの周波数を用いる方式とを必要に応じて使用することが可能な距離計測装置を実現することができる。なお、以上の実施形態で示したように、送信する周波数の数を、あるタイミングで切り換えることは、例えば、2つの周波数 f_1 、 f_2 を送信している状態から、4つ以上のN個の周波数を送信するように切り換える事も可能である。

また、図10に示すように、ある時間周期の中で、第3の周波数 f_3 と第4の周波数 f_4 とを切り換えながら送信する。つまり、 f_1 f_2 f_3 f_1 f_2 f_4 として周波数を変化させる場合も、先の実施形態で説明したように、計測した4つの周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 、 f_4 の情報を利用して、3つのターゲットを分離して計測することができる。図10の実施形態では、 f_1 、 f_2 の2つの送信周波数について、FFT処理を施す点数をサンプリングする時間は $(3 \times N \times t)$ となり、 f_3 、 f_4 の送信周波数についてFFT処理を施す点数をサンプリングする時間は $(6 \times N \times t)$ となる。

なお、上述した例においては、周波数信号の発信器は、一つであって、この一つの発信器から複数の周波数を発信する例であるが、複数の発信器を設け、これらの複数の発信器から複数の周波数を発信することもできる。ただし、複数の発信器を設ける場合は、これら複数の発信器間の周波数の調整を行わなければならない、さらに、重量が大となる。これに対して、一つの発信器のみ設け、一つの発信器から複数の周波数を発信するように構成すれば、複数の発信器間の周波数の調整は不要であり、軽量となる。

10

20

30

40

50

また、一つの周波数信号を継続する時間 t は、電波がターゲットまで距離を往復する時間以上とする。

また、上述した例は、本発明を自動車用の距離計測装置に適用した場合の例であるが、本発明は、自動車用に限らず、その他の距離計測装置に適用すること可能である。

例えば、距離計測装置を道路に設置しておき、走行車両の速度と、その速度で走行中の車を判別するシステムに適用することもできる。

また、例えば、見通しの悪い道路に距離計測装置を設定し、曲がり角に自動車等が何台どのくらいの速度で接近中かを通報するシステムにも適用することができる。

また、測定対象物が複数であることを認識する測定対象物検出装置にも本発明を適用することができる。つまり、例えば、自動車で夜間に運転中、前方の複数の歩行者等の位置をそれぞれ分離して認識し、車内に表示する測定対象物検出装置にも本発明は適用可能である。この場合、複数の歩行者等の位置をそれぞれ分離して検出する手段は、信号処理部 16 となる。

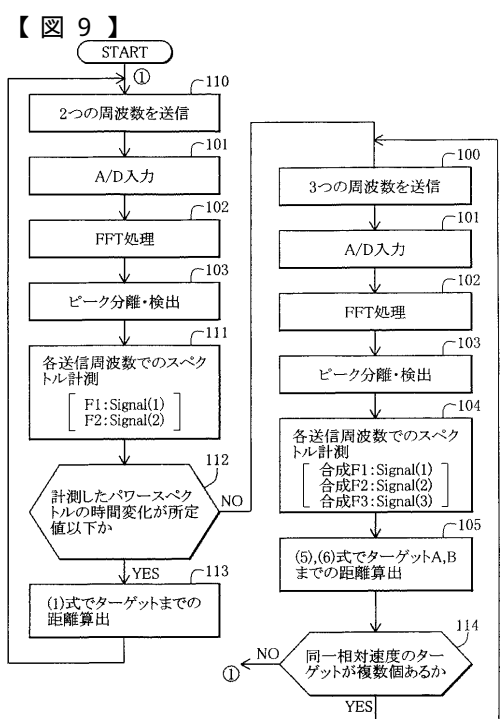
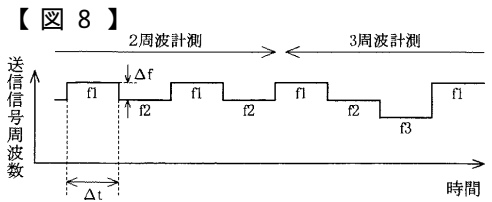
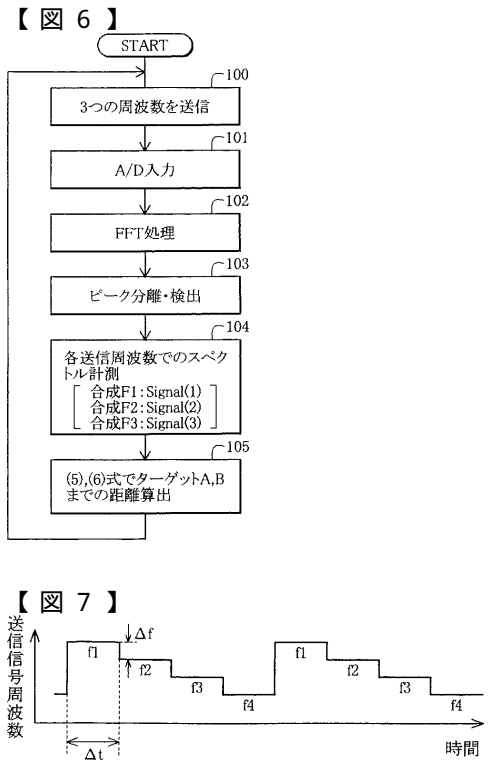
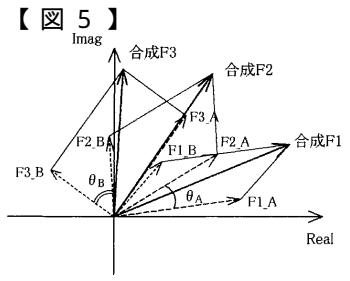
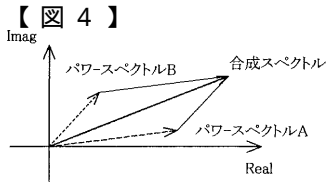
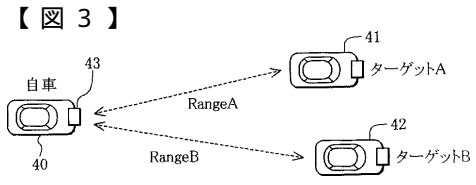
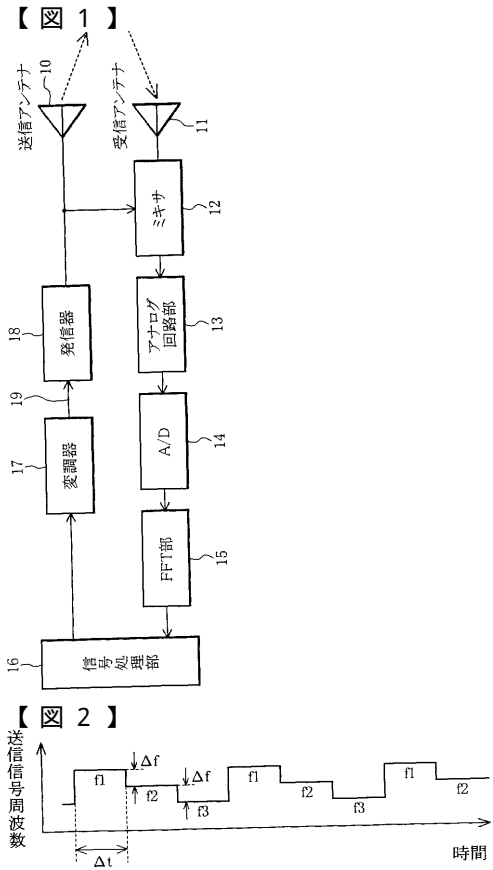
10

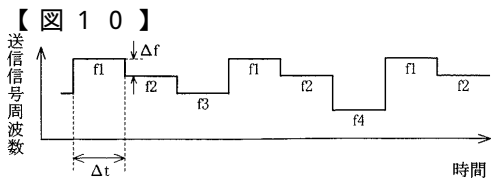
産業上の利用可能性

本発明によれば、ある一定の第 1 の周波数を所定の時間以上送信し、第 1 の周波数からある周波数差を持つ第 2 の周波数を所定の時間以上送信し、第 1 の周波数から上記周波数差の 2 以上の整数倍の周波数差を持つ第 n の周波数を、所定の時間以上送信する機能を有し、それぞれの送信周波数における、測定対象物からの反射波のドップラー周波数を計測し、ドップラー周波数毎に測定対象物を分離検出する第 1 の分離検出手段と、各送信周波数毎に得られる受信信号の位相情報と振幅情報から、同じドップラー周波数を持つ測定対象物を分離する、第 2 の分離検出手段をもつことにより、ほぼ同一の相対速度を持つ複数の測定対象物を分離して検出し、複数の測定対象物のそれぞれと観測者との距離を算出することが可能な距離計測装置を実現することができる。

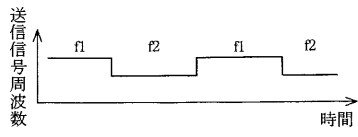
20

また、ほぼ同一の相対速度を持つ複数の測定対象物を分離して検出することができるので、夜間等において、同一相対速度で移動する複数の歩行者等に対しても、それぞれを分離して、その存在を認識可能な測定対象物検出装置を実現することができる。

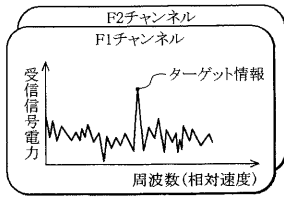




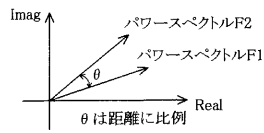
【図11】 (A)



(B)



(C)



フロントページの続き

(72)発明者 中村 満
日本国茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社 日立製作所 自動車機器グループ内

審査官 宮川 哲伸

(56)参考文献 特開平11-133143(JP,A)
特開平8-262130(JP,A)
特開平10-197626(JP,A)
英国特許出願公開第2249448(GB,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01S 7/00 ~ 7/42
G01S 13/00 ~ 13/95