

(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2010-185700
(P2010-185700A)

(43) 公開日 平成22年8月26日(2010.8.26)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
 GO 1 S 13/18 (2006.01) GO 1 S 13/18 5 J 0 7 0
 GO 1 S 13/90 (2006.01) GO 1 S 13/90

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2009-28591 (P2009-28591)
 (22) 出願日 平成21年2月10日 (2009. 2. 10)

(71) 出願人 000006013
 三菱電機株式会社
 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 100084010
 弁理士 古川 秀利
 (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

最終頁に続く

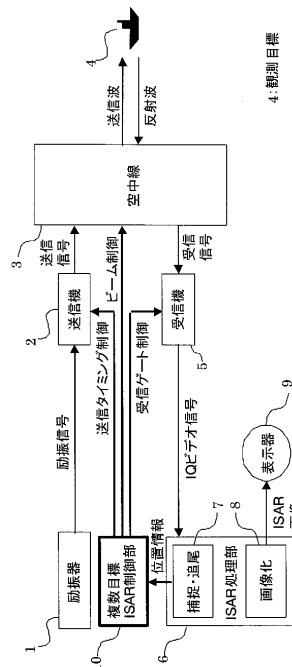
(54) 【発明の名称】 レーダシステム

(57) 【要約】

【課題】単体で方位の異なる複数目標の同時観測を行い、各目標の高分解能画像を取得できるレーダシステムおよび信号処理方法を提供する。

【解決手段】航空機 11 が観測目標 4 を追尾し画像化するシステムにおいて、ビーム 12 を次々に切替えながら L P R F 以上のパルスを送信する。すなわち、現状では送信した後ずっと目標方向を見ていたビーム 12 を、他方位の観測目標にも向けて観測を行う。I S A R 画像解析において、本当に必要なのは観測目標 4 からの反射波だけであるので、受信ゲート 14 を開くタイミングを制御することで、受信ゲート 14 を従来の 1 目標あたりの P R I 17 よりも十分に小さくすることができる。このように、ビーム制御機能とタイミング制御機能を付加することで、多方位の複数の目標を同時に観測することができる。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

低パルス繰り返し周波数以上のパルスを次々に観測対象を切り替えながら複数の観測目標に向けて送信する送信手段と、

複数の観測目標からの反射波を受信する受信手段と、

前記受信手段により受信された受信信号に基づいて補足・追尾処理を行い位置情報を算出すると共に I S A R 画像化処理する I S A R 処理部と、

前記 I S A R 処理部からの位置情報に基づいて送受信タイミングが衝突しないように受信ゲートのタイミング制御を行うと共に異方位の目標に対するビーム制御を統合して行う複数目標 I S A R 制御部と

を備えたレーダシステム。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載のレーダシステムにおいて、

前記複数目標 I S A R 制御部は、複数の観測目標 N ($N: 0$ を含まない自然数) の送信パルスと受信ゲートの間隔 t_N を $t_N = 2R_N / c$ (ここで、 R_N は複数の観測目標までの距離、 c は光速) とし、パルス繰り返し間隔 PRI を 1 目標あたりの見かけのパルス繰り返し間隔 PRI の N 分の 1 にすると共に、見かけのパルス繰り返し間隔 PRI を (パルス幅 + 受信ゲート幅 + ビーム切替え時間) とし、複数の観測目標 N の同時観測を行うことを特徴とするレーダシステム。

20

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載のレーダシステムにおいて、

前記複数目標 I S A R 制御部は、異なる多方位の観測目標を追尾して画像化処理することを特徴とするレーダシステム。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のレーダシステムにおいて、

前記複数目標 I S A R 制御部は、多方位の観測目標に対するパルスの送信タイミングを、各観測目標までの距離に応じて不定期とし、次々に観測対象を切替えながら、異なる多方位の複数目標を追尾して画像化処理することを特徴とするレーダシステム。

30

【請求項 5】

請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項に記載のレーダシステムにおいて、

前記複数目標 I S A R 制御部は、サイドローブキャンセラや、パルスの周波数変調のチャープの向きを逆にする機能、パルスに位相変調を施す機能を有し、複数方位へのビーム切替えによって発生する、他方位からの受信信号の干渉を低減あるいは除去することを特徴とするレーダシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、目標を追尾しながら 2 次元画像の取得が可能なレーダシステムについて、ビームを高速に切替えながら L P R F (低パルス繰り返し周波数: Low Pulse Repetition Frequency) 以上の周期でパルス送信を行うことにより、複数目標の同時観測を可能とするレーダシステムに関する。

40

【背景技術】

【0002】

従来からレーダによる警戒監視手法として、目標とする航空機や船舶の、回転や移動を利用して画像化する、I S A R (逆合成開口レーダ: Inverse Synthetic Aperture Radar) という技術が用いられている。

【0003】

この技術は、高分解能の 2 次元画像を取得できる、S A R (合成開口レーダ: Synthetic Aperture Radar) の原理を応用した、画像レーダ技術である。一般に、レーダのクロス

50

レンジ分解能はビーム幅で決定され、アンテナ開口長が大きいほどビーム幅は狭くなり、高分解能となる。SARは、小開口アンテナの受信データを信号処理により、あたかも大開口アンテナで取得したかのように合成することで、クロスレンジ方向の高分解能を得る技術である。

【0004】

一方、ISARは、目標の回転運動により発生するドップラー周波数を利用して、目標のアジマス方向の高分解能画像を生成する技術である（例えば、特許文献1参照）。この技術の一例としては、例えば航空機にXバンドの合成開口レーダを搭載している。このレーダで、航行中の船舶を追尾し、例えば、船舶がヨー運動をしていると、そのドップラー周波数により、船舶を上方から見たような高分解能の画像が得られる。従来は単一目標の追尾・画像化しか行われていなかったが、複数目標の観測を可能にすることができる。この手法により、同方位に存在する複数目標のISAR画像が取得できる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平11-248834号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述したシステムにおいては、目標の観測にLPRFを用いていた。したがって、複数目標を同時観測したとしても、それらの目標が同方位に存在する場合にしか適用できなかった。

20

【0007】

また、異なる方位に存在する目標の同時観測の方法として、送信ファンビームと受信マルチビームを組み合わせる手法が考えられる。観測の間、一目標（一方向）に対して受信ゲートをずっと開くこととなる。

【0008】

しかし、この手法では送信がファンビームであるため低利得となる恐れがあり、また受信系をマルチビームとするために、目標数に応じて受信チャンネル数が必要となり、その分だけレーダ規模が大きくなってしまふ。

30

【0009】

この発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、従来の利得とレーダ規模を維持した一つのレーダで、多方位に存在する複数目標の追尾・画像化を行うことができるレーダシステム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】

【0010】

この発明に係るレーダシステムは、低パルス繰り返し周波数以上のパルスを次々に観測対象を切り替えながら複数の観測目標に向けて送信する送信手段と、複数の観測目標からの反射波を受信する受信手段と、前記受信手段により受信された受信信号に基づいて補足・追尾処理を行い位置情報を算出すると共にISAR画像化処理するISAR処理部と、

40

前記ISAR処理部からの位置情報に基づいて送受信タイミングが衝突しないように受信ゲートのタイミング制御を行うと共に異方位の目標に対するビーム制御を統合して行う複数目標ISAR制御部とを備えたものである。

【発明の効果】

【0011】

この発明によれば、受信ゲートを開くのは、ターゲットの存在する時間のみに限定する。これにより生じた時間を他のターゲットへのビーム操作、パルス送受信に充てる。これにより、従来のシステムと同規模の処理系で多目標の追尾が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

50

【図 1】この発明に係る実施の形態を説明するためのブロック図と概略構成図である。

【図 2】この発明に係る実施の形態を説明するための概略構成図である。

【図 3】この発明に係る実施の形態のパルス送受信タイミングを説明するための説明図である。

【図 4】この発明に係る実施の形態の処理の流れを説明するための説明図である。

【図 5】この発明に係る実施の形態を説明するための概略構成図である。

【図 6】この発明に係る実施の形態のパルス送受信タイミングを説明するための説明図である。

【図 7】この発明に係る実施の形態を説明するための概略構成図である。

【図 8】この発明に係る実施の形態のパルス送受信タイミングを説明するための説明図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0013】

実施の形態 1 .

この発明の好適な実施の形態について図面を用いて説明する。なお、この発明のレーダシステムは、合成開口処理が可能なレーダにより、移動目標を観測する場合であればよく、例えば、航空機搭載レーダによる船舶の観測や地上管制レーダによる航空機の観測などに適用可能であるが、以下の説明では、航空機搭載レーダに適用した例を紹介する。すなわち、2 艘の船舶の追尾・画像化を可能とするシステムについて説明する。

【0014】

20

図 1 は、この発明のレーダシステムのブロック図と概略構成を示すものである。従来の I S A R システムは、励振器 1 で生成した励振信号を送信機 2 で送信信号に変え、空中線 3 から観測目標 4 に向けて送信していた。一定のパルス繰り返し周波数 P R F でパルスを送信しているため、送信タイミングの制御は不必要である。観測目標 4 からの反射波を空中線 3 で再び受信し、受信機 5 で I Q ビデオ信号に変換する。単一目標を継続して観測しているため、受信ゲートの開くタイミングを観測中に制御する必要はない。

【0015】

I Q ビデオ信号は I S A R 処理部 6 に送られ、そこで捕捉・追尾の処理 6 が行われ位置情報を算出する。従来はこの位置情報に基づき、観測目標 4 の移動を追尾するためにビーム制御を行っていた。また、I S A R 画像化処理 8 を同時に行い、生成された I S A R 画像は表示器 9 で表示される。

30

【0016】

この発明では、上述した従来のレーダシステムに複数目標 I S A R 制御部 10 を追加し、異なる方位に存在する 2 目標の追尾・画像化を可能にする。まず、2 目標に対応するため、P R F を 2 倍にしなければならない。また、方位の異なる目標 4 を同時に観測するため、空中線 3 に対してビーム制御を行う必要がある。さらに、距離の異なる 2 目標からの反射波は受信タイミングが異なるため、受信ゲート制御も必要となる。このように、送受信タイミングが衝突しないような受信ゲートのタイミング制御と、異方位の 2 目標に対するビーム制御を統合して行うのが、複数目標 I S A R 制御部 10 である。

【0017】

40

図 2 は、この発明の概略構成を示すもので、図 2 において、航空機 11 は、図 1 に示されたこの発明のレーダシステムを搭載している。船舶 4 a、4 b は観測目標で、航空機 11 はこの 2 艘の目標を、ビーム 12 を切り替えながら同時に追尾・画像化する。図 2 における R_a 、 R_b はそれぞれ観測目標 4 a、4 b までの距離を示す。

【0018】

図 3 は、この発明における 2 目標同時観測の動作概念を示したものである。観測目標 4 a、4 b の送信パルス 13 と受信ゲート 14 の間隔 t_a ($15 a$)、 t_b ($15 b$) は、目標までの距離により次式で表される (c : 光速)。観測目標 4 a、4 b の距離が異なるため、 t_a と t_b は異なる値をとる。

【0019】

50

【数 1】

$$t_a = \frac{2R_a}{c}$$

【数 2】

$$t_b = \frac{2R_b}{c}$$

【0020】

ここで、受信ゲートのサイズを、観測対象である船舶の大きさから考えて、従来のパルス繰り返し間隔 PRI (Pulse Repetition Interval) に対して十分小さくできることを利用し、観測目標 4 a の方の送受信を従来の PRI 17 の半分だけ遅らせて、観測目標 4 b の図に重ねても、送信パルスや受信ゲートが衝突することはない。このように、片方をずらしても送受信のタイミングが衝突しないような観測目標 4 の組み合わせであれば、PRI 16 を従来の PRI、すなわち 1 目標あたりの PRI 17 の 2 分の 1 にすることができる。

10

【0021】

【数 3】

$$PRI = \frac{1 \text{ 目標あたりの PRI}}{2}$$

20

【0022】

以下、動作について説明する。まず、航空機 11 は観測目標 4 b にビーム 12 b を向けて、送信パルス 13 b を送信する。その後、ビームの向きを変えて (12 a) 観測目標 4 a に送信パルス 13 a を送信する。次に、ビームの向きを変えて (12 b) 受信ゲート 14 b を開き、観測目標 4 b からの反射波を受信する。最後に、またビームの向きを変えて (12 a) 受信ゲート 14 a を開いて観測目標 4 a からの反射波を受信する。この動作を繰り返して、従来の 1 目標あたりの PRI を維持したまま、2 目標の同時観測を行う。

【0023】

図 4 には、複数目標観測の処理の流れが示されている。まず、観測対象地域の搜索を行い、観測目標を選定する (S100)。次に、各目標までの距離に応じて、タイミングチャートを作成する (S101)。ここで、目標までの距離によっては同時観測が不可能となるため、同時観測の可否を判定する (S102)。その後、ビーム制御とタイミング制御 (S103) を行う。そこで、捕捉・追尾処理 (S104) によって得られた位置データは、タイミングチャート作成 (S101) にフィードバックされ、ISAR 画像化 (S105) によって得られたデータは画像出力される (S106)。

30

【0024】

この発明では、ビームを複雑に切り替えながら送受信を行うため、一方の反射波を観測しているときに、受信ビームのサイドローブに、他方の反射波が入り込む可能性がある。よって、この発明の実施にあたっては、低サイドローブのビームを用いる、あるいはサイドローブキャンセラを用いる等の多目標からの不要波対策が必要である。

40

【0025】

また、上述の不要波対策として、パルスの周波数変調のチャープの向きを逆にしたり、パルスに位相変調を施したりして、混信しても必要な信号のみを分離できるような方法を取ってもよい。

【0026】

従来は、システムの多重化により多目標追尾を可能にするのに対し、この実施の形態ではリソースの分配により多目標追尾を可能にする。従来では処理系の規模はターゲットが多くなる分増加してしまうが、この実施の形態では送受信系の規模は変化しない。

【0027】

50

実施の形態 2 .

以下の説明では、前述の実施の形態と同様に、航空機搭載レーダに適用した例を紹介する。すなわち、複数の船舶の追尾・画像化を可能とするシステムについて説明する。

【0028】

図5は、この発明の概略構成を示すもので、図5において、航空機11は、この発明のレーダシステムを搭載している。船舶4a、4b、・・・、4Nは合計N艘の観測目標であるとし、航空機11はこの複数の目標を、ビーム12を切替えながら同時に追尾・画像化する。図5における R_a 、 R_b 、・・・、 R_N はそれぞれ観測目標4a、4b、・・・、4Nまでの距離を示す。

【0029】

図6は、この発明における複数目標同時観測の動作概念を示したものである。観測目標4a、4b、・・・、4Nの送信パルス13と受信ゲート14の間隔 t_a 、 t_b 、・・・、 t_N (15)は、目標までの距離により次式で表される。観測目標4a、4b、・・・、4Nの距離が異なるため、 t_a 、 t_b 、・・・、 t_N は異なる値をとる。

【0030】

【数4】

$$t_a = \frac{2R_a}{c}$$

【数5】

$$t_b = \frac{2R_b}{c}$$

【数6】

$$t_N = \frac{2R_N}{c}$$

【0031】

ここで、PRI16を従来のPRI17のN(N:0を含まない自然数)分の1まで短くして、N目標の同時観測を行う。例えば、観測目標4aの送受信を1*PRI分だけ、観測目標4cの送受信を(N-1)*PRI分だけそれぞれシフトさせて、観測目標4bの図に重ねても、送信パルスや受信ゲートが衝突することはない。このように、それぞれをPRI16ずつずらしても送受信のタイミングが衝突しないような観測目標4の組み合わせであれば、PRI16を今までのPRI、すなわち1目標あたりの見かけのPRI17のN分の1にすることができる。

【0032】

【数7】

$$PRI = \frac{1 \text{ 目標あたりのPRI}}{N}$$

【0033】

したがって、以下の条件を満たすNであれば、同時観測が可能である。

【0034】

【数8】

$$\text{見かけのPRI} \geq N \times (\text{パルス幅} + \text{受信ゲート幅} + \text{ビーム切替え時間})$$

【0035】

以下、動作について説明する。まず、航空機11は観測目標4bにビーム12bを向けて、送信パルス13bを送信する。その後、ビームの向きを変えて(12a)観測目標4aに送信パルス13aを送信する。次に、ビームの向きを変えて(12N)受信ゲート1

10

20

30

40

50

4 Nを開き、観測目標4 Nからの反射波を受信する。この観測目標4 Nからの反射波は、この1周期の前の周期で観測目標4 Nに送信したものであり、このように周期を越えて送受信を割り振ることも可能である。次に、ビームの向きを変えて(12 a)受信ゲート14 aで観測目標4 aからの反射波を受信し、同様にビームの向きを変えて(12 b)受信ゲート14 bで観測目標4 bからの反射波を受信する。最後に、またビームの向きを変えて(12 N)観測目標4 Nに送信パルス13 Nを送信して、1周期の観測を終える。当然、これらの動作の間に、合計N回の送受信が行われる。この動作を繰り返して、従来の1目標あたりのPRI 17を維持したまま、N目標の同時観測を行う。

【0036】

実施の形態3 .

以下の説明では、前述の実施の形態と同様に、航空機搭載レーダに適用した例を紹介する。すなわち、複数の船舶の追尾・画像化を可能とするシステムについて説明する。

【0037】

図7は、この発明の概略構成を示すもので、図7において、航空機11は、この発明のレーダシステムを搭載している。船舶4 a、4 b、4 c、4 dは、例として合計4艘の観測目標であるとし、航空機11はこの複数の目標を、ビーム12を切替えながら同時に追尾・画像化する。図7における R_a 、 R_b 、 R_c 、 R_d はそれぞれ観測目標4 a、4 b、4 c、4 dまでの距離を示す。

【0038】

図8は、この発明における複数目標同時観測の動作概念を示したものである。観測目標4 a、4 b、4 c、4 dの送信パルス13と受信ゲート14の間隔 t_a 、 t_b 、 t_c 、 t_d (15)は、目標までの距離により次式で表される。

【0039】

【数9】

$$t_a = \frac{2R_a}{c}$$

【数10】

$$t_b = \frac{2R_b}{c}$$

【数11】

$$t_c = \frac{2R_c}{c}$$

【数12】

$$t_d = \frac{2R_d}{c}$$

【0040】

観測目標4 a、4 b、4 c、4 dの距離が異なるため、 t_a 、 t_b 、 t_c 、 t_d は異なる値をとる。ここで、従来の1目標あたりのPRI 17を保ったまま、パルスの送信間隔18を不定期とすることで、例えば方位の異なる4目標の同時観測を行うことのできるシステムを示す。送信パルス間隔18は、送信パルス13、受信ゲート14が衝突することが無いように、任意時間だけシフトされる。どのようにシフトさせても衝突が生じるような観測目標4の組み合わせでなければ、今までのPRI、すなわち1目標あたりの見かけのPRI 17を保ったまま、複数目標の同時観測が可能となる。不定期パルスを用いることで、定期パルスを用いた場合と比べても観測目標数Nの増加が見込める。

【0041】

以下、動作について説明する。まず、航空機11は観測目標4 aにビーム12 aを向け

10

20

30

40

50

て、送信パルス 1 3 a を送信する。その後、ビームの向きを変えて (1 2 d) 観測目標 4 d に送信パルス 1 3 d を送信する。次に、ビームの向きを変えて (1 2 a) 受信ゲート 1 4 a を開き、観測目標 4 a からの反射波を受信する。次に、ビームの向きを変えて (1 2 c) 観測目標 4 c に送信パルス 1 3 c を送信する。次に、ビームの向きを変えて (1 2 b) 受信ゲート 1 4 b を開き、観測目標 4 b からの反射波を受信する。この観測目標 4 b からの反射波は、この 1 周期の前の周期で観測目標 4 b に送信したものであり、このように周期を越えて送受信を割り振ることも可能である。次に、ビームの向きを変えて (1 2 d) 受信ゲート 1 4 d を開き、観測目標 4 d からの反射波を受信する。次に、ビームの向きを変えて (1 2 b) 観測目標 4 b に送信パルス 1 3 b を送信する。最後に、またビームの向きを変えて (1 2 c) 受信ゲート 1 4 c を開き、観測目標 4 c からの反射波を受信して、1 周期の観測を終える。この動作を繰り返して、従来の 1 目標あたりの P R I を維持したまま、複数目標の同時観測を行う。

10

【 0 0 4 2 】

また、I S A R 以外にも、送受信の集積化を図るために、送信に不定期パルスを用いる方法を利用することも可能である。

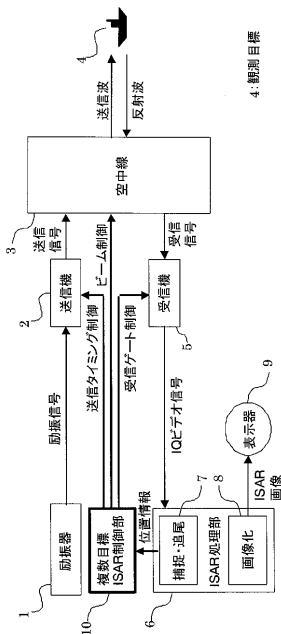
【 符号の説明 】

【 0 0 4 3 】

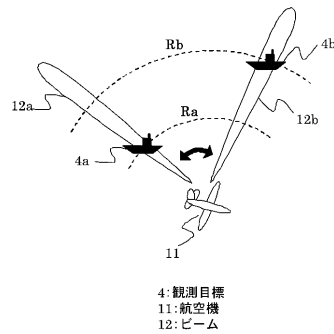
4 観測目標、1 0 複数目標 I S A R 制御部、1 1 航空機、1 2 ビーム、1 3 送信パルス、1 4 受信ゲート、1 6 P R I、1 7 1 目標あたりの P R I、1 8 パルス送信間隔。

20

【 図 1 】

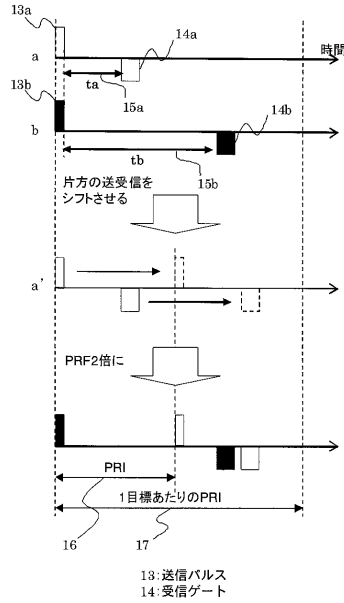


【 図 2 】

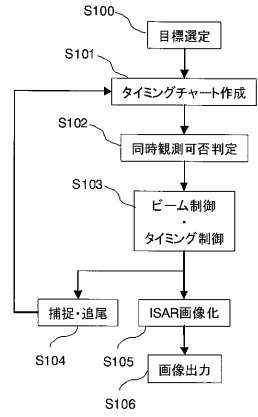


4: 観測目標
11: 航空機
12: ビーム

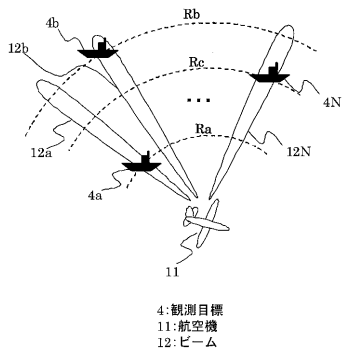
【図3】



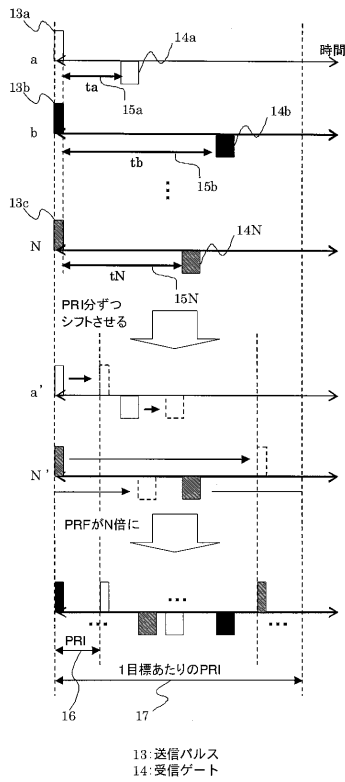
【図4】



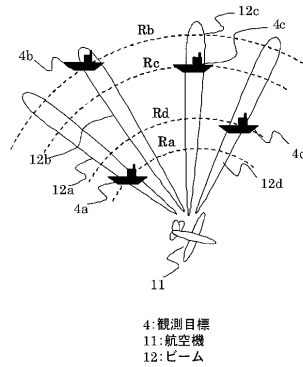
【図5】



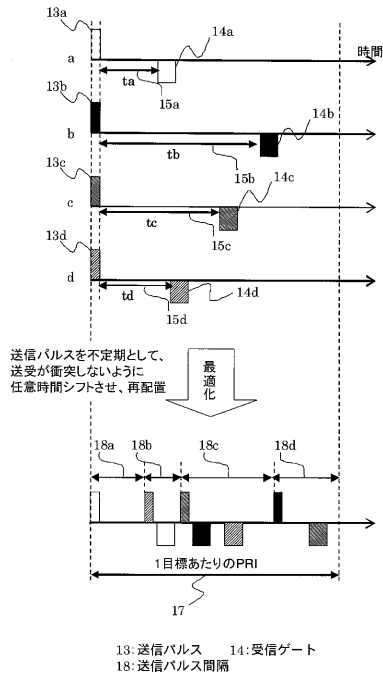
【図6】



【図7】



【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 中村 純

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

(72)発明者 中野 陽介

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

Fターム(参考) 5J070 AB08 AB20 AB21 AC02 AF06 AK15 BB04 BB15 BE02