

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7621733号
(P7621733)

(45)発行日 令和7年1月27日(2025.1.27)

(24)登録日 令和7年1月17日(2025.1.17)

(51)国際特許分類	F I	
G 0 1 S 7/40 (2006.01)	G 0 1 S 7/40	1 2 6
G 0 1 S 13/78 (2006.01)	G 0 1 S 13/78	
G 0 1 S 13/44 (2006.01)	G 0 1 S 13/44	
H 0 1 Q 25/02 (2006.01)	H 0 1 Q 25/02	
B 6 4 F 1/36 (2024.01)	B 6 4 F 1/36	
請求項の数 13 外国語出願 (全25頁)		

(21)出願番号 特願2019-213915(P2019-213915)	(73)特許権者 511148123 タレス フランス国, 9 2 1 9 0 ムードン, リュ ドゥ ラベルリ 4
(22)出願日 令和1年11月27日(2019.11.27)	(74)代理人 110001173 弁理士法人川口国際特許事務所
(65)公開番号 特開2020-98201(P2020-98201A)	(72)発明者 フィリップ・ピヨー フランス国, 9 1 4 7 0 ・リムール、ボ ワ・ピエール・ジル・ドゥ・ジュヌヌ・ タレス・エル・ア・エス・フランス気付
(43)公開日 令和2年6月25日(2020.6.25)	審査官 高 場 正光
審査請求日 令和4年9月2日(2022.9.2)	
(31)優先権主張番号 1873035	
(32)優先日 平成30年12月18日(2018.12.18)	
(33)優先権主張国・地域又は機関 フランス(FR)	
前置審査	
最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 二次レーダーの方位精度及び主アンテナローブのパターンを測定する方法、及びこのような方法を実施するレーダー

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

二次レーダーの仰角セグメントに従ってアンテナ(1)のパターン及び角度誤差測定値を測定する方法であって、

前記アンテナによって形成される、合計(SUM)パターン、差分(DIFF)パターン、前記アンテナの前方にある目標からの応答を拒否する制御(CONT_Front)パターン、及び前記アンテナの後方にある目標からの応答を拒否する制御(CONT_Back)パターンがSUM、DIFF、CONT_Front、及びCONT_Backの受信チャンネル(5)にそれぞれ関連付けられており、

所与の時間にわたって、

- 前記二次レーダーの大気環境に存在する目標によって、別の二次レーダーからの質問と関連付けられて生成および送信され、目標に関してGPS信号を利用することによって計算された三次元位置情報を含む、長ADS-Bスキッタである非請求非同期の応答(61)が各探知として探知され、

- 各探知に対して、目標の位置が前記アンテナにおける主ローブの軸の方位に基づいて決定され、目標が、前記長ADS-Bスキッタを復号することによって、前記長ADS-Bスキッタに含まれる前記三次元位置情報に従って特定され、

- 各探知に対して、前記探知の時間、前記アンテナの主ローブの軸の方位の値、アンテナの軸に対する前記応答のずれを測定して得られた角度誤差測定値、及び前記SUM、DIFF、CONT_Front、CONT_Backの受信チャンネルの各々に関する受

信電力値（61、611、612）が関連付けられ、前記長ADS-Bスキッタに含まれる前記三次元位置情報に基づいて前記目標が位置している前記仰角セグメントが計算され、前記所与の時間にわたって得られる前記主ローブの軸の方位の値および受信電力値が記憶され、前記SUM、DIFF、CONT_Front及びCONT_Backのパターン（42”、43”、44”）及び前記角度誤差測定値記憶した前記主ローブの軸の方位の値および受信電力値から、仰角セグメントに従ってサンプリングされることを特徴とする、方法。

【請求項2】

前記応答（61）が、前記応答の取得を表す特性によって強化され、各応答に対して、前記特性は、

- 前記アンテナの各パターンに従う前記受信電力値
- 前記アンテナの主ローブにおける前記応答の前記角度誤差測定値
- 前記応答の前記探知の前記時間
- 前記探知時の前記アンテナの前記主ローブの軸の方位

のうち少なくとも1つであることを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記主ローブで受信された各長ADS-Bスキッタに対して、前記方法は、

- 前記長ADS-Bスキッタに含まれる前記三次元位置情報を利用し、
- 相対方位に応じて、相対電力、及び前記アンテナの前記パターンの利得の誤差を計算することによって、

・前記主ローブにおいて、前記二次レーダーは、前記合計パターンの最大値SUM_maxの電力を測定し、

・前記長ADS-Bスキッタ応答が、前記合計、差分及び制御パターンに関する電力の測定値によって強化され、下記の値を、前記長ADS-Bスキッタの前記相対方位に対して推測し、

o $SUM_relative(dB) = SUM(dBm) - SUM_max(dBm)$

o $DIFF_relative(dB) = DIFF(dBm) - SUM_max(dBm)$

o $CONT_relative(dB) = CONT(dBm) - SUM_max(dBm)$

・下記のように、これらの値を基準の値と比較することによって、各パターンの利得誤差が確立され、

o $SUM_err(dB) = SUM_relative(dB) - SUM_reference(dB)$

o $DIFF_err(dB) = DIFF_relative(dB) - DIFF_reference(dB)$

o $CONT_err(dB) = CONT_relative(dB) - CONT_reference(dB)$

- 前記アンテナに対する仰角における前記主ローブの変形を考慮することによって角度誤差測定を計算することを特徴とする、請求項2に記載の方法。

【請求項4】

解析の間に、前記主ローブの軸の方位および受信電力の値が、

- 前記アンテナの前記方位
- 前記目標の前記仰角

に従って時間とともに前記相対方位に応じて蓄積されることを特徴とする、請求項3に記載の方法。

【請求項5】

前記所与の時間にわたって、前記角度誤差測定値及び各パターンの前記誤差が、3つの入力を有する表に蓄積され、1つの表が、前記角度誤差測定値及び各アンテナパターンの

10

20

30

40

50

前記誤差に関連付けられ、第1の入力は、前記アンテナの前記主ローブの軸に応じた前記相対方位であり、第2の入力は、前記アンテナの水平整列に応じた前記目標の前記仰角であり、第3の入力は、前記アンテナの方位であることを特徴とする、請求項3または4に記載の方法。

【請求項6】

前記表の各セル（相対方位、仰角）に対して、前記角度誤差測定値及び各パターンの前記誤差が、平均、又はヒストグラムの方法によって確立されることを特徴とする、請求項5に記載の方法。

【請求項7】

前記所与の時間を定義して、前記パターンの現在の劣化を示すことを特徴とする、請求項1～6のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項8】

オペレーターの制御の下で、又は自動的に、前記二次レーダーは、角度誤差測定表を使用して、前記主ローブにおける方位で前記目標からの同期応答を特定し、空中線と呼ばれる構成要素のセットの劣化の場合に前記二次レーダーの高い方位精度を保証するために、前記角度誤差測定表が前記角度誤差測定値に基づいて補正されることを特徴とする、請求項1～7のいずれか一項に記載の方法。

【請求項9】

A T C又はI F Fタイプの二次レーダーに搭載された前記アンテナは、少なくとも2個のパターンを含むことを特徴とする、請求項1～8のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項10】

前記アンテナ（1）は、固定又は回転電子走査を有することを特徴とする、請求項1～9のいずれか一項に記載の方法。

【請求項11】

前記角度誤差測定値及び前記アンテナパターンを使用して、空中線と呼ばれる各要素に対して劣化のレベルを評価することを特徴とする、請求項1～10のいずれか一項に記載の方法。

【請求項12】

前記パターンの前記測定値を使用して、空中線と呼ばれる構成要素のセットの劣化のレベルを評価することを特徴とする、請求項1～11のいずれか一項に記載の方法。

30

【請求項13】

請求項1～12のいずれか一項に記載の方法を実施する二次レーダー。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、二次レーダーのアンテナパターン及び角度誤差測定機能の方位精度を測定する方法に関する。更に、本発明は、このような方法を実施する二次レーダーに関する。

【0002】

本発明の好ましい分野は、レーダーの性能が、航空機の探知と、数百キロメートルまでの方位における目標の非常に正確な突き止めとの両方にとって重要である航空交通管制（A T C）である。

40

【背景技術】

【0003】

これらの精度性能レベルは、A T C又はI F Fで使用される二次レーダーに搭載されているアンテナのパターンの質と特に関連がある。

【0004】

以下、明細書では、簡略化の目的で、アンテナは、下記から構成される組立体を拡張して意味するために使用される。

- 主に、任意のタイプ（広い垂直開口（Large Vertical Aperture L V A）又はビーム）のレーダーのアンテナ

50

- レーダーの回転部分及び固定部分を連結する回転ジョイント
- ダウンリードケーブル

【0005】

現在、二次レーダーの方位精度の測定は、外部ビーコンを必要とする。この外部ビーコンのレーダーは、応答を利用してこの応答を突き止め、その結果、レーダーの角度誤差測定機能の正確な動作を制御する。

【0006】

レーダー場所に設置されたアンテナ（ATCにおいて実質的に-10度と+10度との間にある）の主ローブのパターンの質のより独立したレーダー測定は、下記の両方を必要とする。

- ステーションを保守モードに切り替えて、レーダー探知範囲をシステムレベルに減らすこと

- 外部ツールを使用して、受信で（1090MHz）、アンテナのパターン（SUM、CONT及びDIFF）を測定すること

これは通常、一般的にレーダーに非常に近い、従って、ゼロ（レーダーと同じ高さ）に近いことが多い、非常に低い仰角値を有する外部ツールの仰角値である仰角値に対してだけ実行される一方、航空機は、レーダー使用のタイプ（「空港（Airport）」又は「途上（En Route）」構成）によって、主に0.5度と20度との間に位置している。

【0007】

アンテナパターン及びレーダーの方位精度の周期的な予防測定がない場合、又は2つの予防測定セッション間で、レーダーの性能レベルが低下した場合だけ、時々レーダーのミッションをもはや果たさないまで、これらのパターンの劣化にユーザが気付く。この場合、停電が強いられ、最も重要で複雑なレーダー保守タスクを伴うことを踏まえて、アンテナを緊急に修理する必要がある。

【0008】

角度誤差測定は、アンテナの軸に対する、主ビームに存在する目標のずれを測定する方法であること、二次レーダーは、このレーダーの主要ミッションで、レーダーに対する距離及び方位の両方の点で全ての探知目標を非常に正確に突き止めることを保証する必要があるので、レーダーの角度誤差測定機能は、方位精度に直接寄与するために、レーダーにとって重要であることが想起される。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明の目的は、特に、二次レーダーのアンテナパターンの方位精度を測定し、これによって、アンテナパターンの劣化を評価することができることにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

このために、本発明の主題は、二次レーダーの仰角セグメントによってアンテナパターン及び角度誤差測定値を測定する方法であって、各パターンを受信チャンネルに関連付け、所与の時間にわたって、

- 前記レーダーの大気環境に存在する目標によって送信される、長ADS-Bスキッタタイプの非請求非同期応答を探知するステップであって、前記スキッタの各々は、スキッタを送信する目標に関する三次元位置情報を含むステップと、

- 各探知に対して、長ADS-Bスキッタを復号して、探知目標を前記スキッタに含まれる位置情報に従って突き止めることを確認するステップであって、不適合探知を拒否するステップと、

- 各保持探知に対して、前記探知の時間、前記アンテナの主ビームの軸の方位の値、角度誤差測定電圧、及び前記SUM、DIFF、CONT__Front、CONT__Back受信チャンネルの各々に関する受信電力値を、前記探知に関連付けるステップであって

10

20

30

40

50

、前記スキッタに含まれる位置情報は、前記探知が位置している仰角セグメントを計算によって与えるステップと

を含み、

前記時間にわたって得られる前記値を記憶し、測定パターン及び角度誤差測定値を、前記記憶値から、仰角セグメントによってサンプリングすることを特徴とする、方法である。

【0011】

前記アンテナは、例えば、

- 合計パターン (SUM)、差分パターン (DIFF)、アンテナに面する目標からの応答を拒否する制御パターン (CONT_Front)、及びアンテナの後部の目標を拒否する制御パターン (CONT_Back)

- 合計パターン (SUM)、差分パターン (DIFF)、制御パターン (CONT)

- 合計パターン (SUM)、差分及び制御パターン (DIFF/CONT)

のセットのうち1つを含む。

【0012】

特定の実装形態において、長ADS-Bスキッタタイプの応答に、前記応答の取得を表す特性を混入し、各応答に対して、前記特性は、

- 前記アンテナの各パターンに従う受信電力

- 前記アンテナの主ローブにおける応答の角度誤差測定値

- 前記応答の探知の時間

- 前記探知時の前記アンテナの主ビームの軸の方位

のうち少なくとも1つである。

【0013】

例えば、主ビームで受信された各スキッタに対して、前記方法は、

- スキッタに含まれる情報を利用するステップと、

- 下記のように、相対方位に応じて、相対電力、及びアンテナのパターンの利得の誤差を計算するステップと、

・同じビームにおいて、前記レーダーは、同期プロットの前記電力を測定し、電力は、合計パターンの最大値である

・長ADS-Bスキッタ応答に、合計、差分及び制御パターンに関する電力の測定値を混入し、本発明による方法は、下記のように、スキッタの相対方位に対して、推測する

o $SUM - relative (dB) = SUM (dBmで) - SUM_max (dBmで)$

o $DIFF - relative (dB) = DIFF (dBmで) - SUM_max (dBmで)$

o $CONT - relative (dB) = CONT (dBmで) - SUM_max (dBmで)$

・下記のように、これらの値を本発明の基準の値と比較することによって、各パターンの利得誤差を設定する (工場におけるレーダーの受信時、又はレーダー場所の受け入れ時に測定されたパターン)

o $SUM_err (dB) = SUM - relative (dB) - SUM - reference (dB)$

o $DIFF_err (dB) = DIFF - relative (dB) - DIFF - reference (dB)$

o $CONT_err (dB) = CONT - relative (dB) - CONT - reference (dB)$

- アンテナに対する仰角におけるビームの変形を考慮することによって角度誤差測定誤差を計算するステップと

を含む。

【0014】

解析の間に、前記値を、例えば、

10

20

30

40

50

- 前記アンテナの方位
- 前記目標の仰角

に従って時間とともに相対方位に応じて蓄積する。

【 0 0 1 5 】

前記所与の時間にわたって、角度誤差測定誤差及び各パターンの誤差を、例えば、3つの入力を有する表に蓄積し、1つの表を、角度誤差測定誤差及び各アンテナパターンの誤差に関連付け、第1の入力は、アンテナの主ローブの軸に応じた相対方位であり、第2の入力は、アンテナの水平整列に応じた目標の仰角であり、第3の入力は、アンテナ方位である。角度誤差測定誤差及び各パターンの誤差の各セル（相対方位、仰角）を、例えば、平均、ヒストグラム又は他のタイプの方法によって設定する。

10

【 0 0 1 6 】

前記所与の時間を、例えば、定義して、前記パターンの現在の劣化を示す。

【 0 0 1 7 】

オペレーターの制御の下で、又は自動的に、前記レーダーは、角度誤差測定表を使用して、前記主ビームで方位における同期目標を突き止め、空中線と呼ばれる構成要素のセットの劣化の場合に前記レーダーの高い方位精度を保証するために、前記表を、例えば、測角度誤差測定誤差に基づいて補正する。

【 0 0 1 8 】

A T C又はI F Fタイプの二次レーダーに搭載されたアンテナは、例えば、少なくとも2個のパターンを含む。前記アンテナは、固定又は回転電子走査を有する。

20

【 0 0 1 9 】

角度誤差測定誤差及びアンテナパターンの測定値を、例えば、使用して、空中線の各要素（アンテナ、ダウンリードケーブル、回転ジョイント）に対して劣化のレベルを評価する。

【 0 0 2 0 】

前記パターンの測定値を、例えば、使用して、空中線と呼ばれる構成要素のセットの劣化のレベルを評価する。

【 0 0 2 1 】

本発明の別の主題は、このような方法を実施する二次レーダーである。

【 0 0 2 2 】

本発明の他の特徴と利点は、添付図面に照らして与えられる下記の説明から明らかになる。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 3 】

【 図 1 】 モードS二次レーダーのブロック図の例である。

【 図 2 】 本発明のハードウェア実装形態の例示である。

【 図 3 】 A T Cアンテナの例示である。

【 図 4 】 二次レーダーの典型的な同期動作の一例による例示である。

【 図 5 】 目標からの距離に応じた受信電力の例示である。

【 図 6 】 異なる目標によって送信された非同期スキッタによってアンテナのパターンをサンプリングする例による本発明の原理の例示である。

40

【 図 7 】 本発明による方法によって測定されるパターンの例である。

【 図 8 】 主ローブにおける目標のずれに応じた角度誤差測定電圧の曲線である。

【 図 9 】 主ローブにおける目標のずれに応じたレーダーの方位精度誤差の曲線である。

【 図 1 0 】 本発明による新しい角度誤差測定表の計算後の、ずれに応じたレーダーの方位精度誤差の新しい曲線である。

【 図 1 1 】 本発明による古い角度誤差測定表と新しい角度誤差測定表との間のずれに応じてレーダーの方位精度誤差を比較した主ローブの有効部分に関するズームである。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 4 】

50

モードSレーダーのブロック図の例を表す図1に関して、このようなレーダーの原理を概説する。

【0025】

モードS二次レーダーの原理（国際民間航空機関 第10付属書 第4巻（ICAO Annex 10 vol. 4）によって詳細に定義）は、下記の通りである。

- 下記の選択的質問を送信すること
 - ・受信者、モードSアドレスによって指定される単一目標を示す
 - ・又は、送信機の識別子を示す
- 下記の選択的応答を受信すること
 - ・送信機の識別子、目標の同じモードSアドレスを示す
 - ・又は、受信者、質問機の識別子を示す

10

【0026】

通常使用中、二次レーダーは、同期モードで動作する。即ち、二次レーダーは、質問を送信して、この質問と一致する応答を待ち、（方位及び距離の）測定によって目標を突き止め、（モードSアドレスによって）目標を識別することができる。

【0027】

このタスクを効率的に実行するために、レーダーに、役割が通常下記の通りである数個のパターン11、12、14、15を有するアンテナ1（図1）を搭載する。

- 目標から同期応答を質問して探知する合計パターン11（以下、SUMで示す）
- SUMビームで目標を微細に突き止める差分パターン12（DIFFで示す）
- 主SUMビームに存在しないアンテナに面する目標からの応答を阻止して拒否する第1の制御パターン15（CONT_Frontで示す）
- アンテナの後部（従って、必ずしも主SUMビームに存在しない）における目標からの応答を阻止して拒否する第2の制御パターン14（CONT_Backで示す）

20

【0028】

ミッション、従ってレーダーの予想性能レベルによって、アンテナは、下記の数個のパターン、及び異なる寸法を有することができる。

- 数個のパターン
 - ・4個のパターン： SUM、DIFF、CONT_Front及びCONT_Back
 - ・3個のパターン： SUM、DIFF、CONT（CONT_Front及びCONT_Backを、アンテナレベルで一緒に分類する）
 - ・2個のパターン： SUM、DIFF/CONT（DIFF、CONT_Front及びCONT_Backを、アンテナレベルで一緒に分類する）
- 異なる寸法
 - ・幅
 - 高利得を与える微細主ビームを有し、方位が選択的且つ正確である広い幅を有する
 - ・高さ
 - 利得及び地表反射に対する保護を付加する、広い垂直開口（LVA）タイプの高い高さを有する（主にATC）
 - 移動度を付加する、「ビーム」タイプの低い高さを有する（主にIFFで使用）

30

40

【0029】

SUM及びDIFFパターンは通常、2.4度と10度との間の3dBローブでよいが、CONT_Front及びCONT_Backパターンは各々、実質的に180度を扱おうとする。

【0030】

アンテナは、下記のパターンを有することもできる。

- 「機械的」及び回転と呼ばれる固定パターン
- 固定又は回転「AESA」と呼ばれる電子走査を用いた変動パターン

【0031】

50

以下、明細書では、使用されるアンテナパターンの数が幾つでも、アンテナが回転して
いようと固定されていようと、他の構成を同様に扱うことを踏まえて、最も包括的なアン
テナ構成、換言すれば、回転アンテナモードにおける4個のパターンについて説明する。
しかし、説明を簡略化するために、CONT_Front及びCONT_Backの組み
合わせとしてCONTを使用することによって、3個のパターン構成を使用することがで
きる。

【0032】

運用中、レーダーは、非請求応答（レーダー場所の関連質問無し）を受信し、この非請
求応答は、「時間非同期誤応答（False Reply Unsynchronized
in Time）」、又はフルーツ（Fruit）と呼ばれる。従って、下記の理由から 10

- 非請求応答は、この非請求応答を拒否するレーダーによって予想されない（「誤（F
alse）」）

- 非請求応答は、同じ周波数及び同じメッセージフォーマットを有する、同じレーダー
探知範囲における同じ目標から得られる同期応答と非常に似た応答である（「応答（R
eply）」）

- 非請求応答は、別のレーダーからではなくてこのレーダーからの質問、又は周期的に
目標によって送信される質問に関連付けられず、例えばADS-Bスキッタである（「時
間非同期（Unsynchronized in Time）」）

【0033】

非請求応答の非同期特性によって、フルーツは、全てのアンテナパターン上でレーダー
によって受信される。 20

【0034】

最後に、モードSフルーツを、各目標に関連付けられた単一モードSアドレスによって
識別することができる。

【0035】

二次レーダーによって生成されるフルーツを、処理前にフィルタリングされる必要があ
る障害として現在処理するけれども、有利なことに、本発明は、レーダーの角度誤差測定
精度及びアンテナパターンを測定する処理中に長ADS-Bスキッタであるフルーツを利用する。 30

【0036】

結論として、アンテナの主ローブのパターンの測定は、レーダーの運用動作に影響を及
ぼすことなく連続的に実行され、記載のアンテナのタイプに関係なく適用できる。

【0037】

レーダーが受信するモードSフルーツの中で、ADS-Bスキッタは、別の質問機（レ
ーダー、WAMなど）によって請求されないけれども、航空機自体によって請求無しで生
成されて、航空機の存在を合図し、長ADS-Bスキッタ（DF17）の場合、GPS信
号を利用することによって、正確に計算された航空機の位置を更に与える。

【0038】

同じモードSプロトコル（国際民間航空機関 第10付属書 第4巻（ICAO Ann
exe 10 vol. 4）によって詳細に定義されたメッセージ）を用いた長ADS-B
スキッタの受信機の基本原理は、下記の通りである。 40

- 下記の非請求、従って非同期選択的応答を受信すること

・送信機の識別子、上述の選択的質問及び応答でレーダーに送信されるモードSアド
レスと同じ目標のモードSアドレス（24ビットフィールド）を示す

・メッセージ（DF=17）の内容の性質は、メッセージのTCフィールドに応じて
可変である

o 1~4「航空機識別」

o 5~8「地表面位置」

o 9~18「飛行位置（気圧高度（Baro Alt）」）

- 19 「飛行速度」
- 20 ~ 22 「飛行位置（全地球的航法衛星システムの高さ（GNSS Height）」
- 23 「試験メッセージ」
- 24 「地表面システム状態」
- 25 ~ 27 「予約」
- 28 「拡張スキッタAC状態」
- 29 「目標状況及び状態（V.2）」
- 30 「予約」
- 31 「航空機運航状態」

10

【0039】

上述のリストは、一例として与えられ、変わることがある。

【0040】

本発明は、高度、気圧又は全地球的航法衛星システム（GNSS）に関連付けられたスキッタを同報通信する応答機を搭載した目標の三次元位置を与える、9~18又は20~22の対応するTCフィールドのDF17スキッタを特に利用する。

【0041】

従って、通常使用中、ADS-B__in受信機は、同期モードで動作する。即ち、ADS-B__in受信機は、目標の位置（方位及び距離）及び識別（モードSアドレス）用のレーダーのモードSメッセージと非常に似たモードSメッセージを360度にわたって受信する。

20

【0042】

このタスクを効率的に実行するために、ADS-B__in受信機に、下記を搭載する。

- 日常構成である360度の探知範囲を有する全方向性アンテナ
- 又は、全体で360度の探知範囲を有する下記の数本の広いパターンアンテナ
 - ・最も広く使用されている構成である、連続して180度を越える探知範囲を有する2本のアンテナ
 - ・まれに、120度を越える探知範囲を有する3本のアンテナ、又は90度を越える探知範囲を有する4本のアンテナ

これらのアンテナの役割は、（合計タイプの）単一パターンによって、目標から非同期応答を探知して、上述のフォーマットに従ってこの非同期応答の内容を復号することだけである。

30

【0043】

二次レーダー及びADS-B受信機が、略同じメッセージ（応答メッセージの同じ1090MHzの周波数、同じ波形、同じデータ構造）を利用することを考えると、下記のように、レーダーのアンテナの異なるパターンを介して、及び主にそうするが単独ではなく、全方向性アンテナを介して、非同期ADS-Bスキッタを受信することによって、非同期ADS-Bスキッタを受信する機能をレーダーに組み込むのは容易である。

- アンテナのパターンに各々関連付けられた数個の受信機によって
 - ・4個のパターン（SUM、DIFF、CONT__Front及びCONT__Back）を有するアンテナの場合
 - ・3個のパターン（SUM、DIFF、CONT）を有するアンテナの場合
 - ・2個のパターン（SUM、DIFF/CONT）を有するアンテナの場合

40

【0044】

本発明の状況において、この構成、即ち、アンテナが4個、3個又は2個のパターンのいずれを含むかに従って、レーダーは、アンテナの各パターンに関連付けられた1個の受信機を備える。

【0045】

より詳細に本発明を説明する前に、図1のモードSレーダーの構成要素を説明する。ブロック図は、下記のように、モードSレーダーの同期動作、並びに左側及び右側の間を交

50

差する矢印による質問及び応答の間の同期を示す。

- 左側に、質問の生成による部分 1 0 0
- 右側に、関連応答の同期処理による部分 2 0 0

【 0 0 4 6 】

主要要素の機能を、以下概説する。

【 0 0 4 7 】

アンテナ 1 は、4 個のパターン (S U M、D I F F、C O N T _ F r o n t 及び C O N T _ B a c k) 又は 3 個のパターン (S U M、D I F F、C O N T) 又は 2 個のパターン (S U M、D I F F / C O N T) に従って、1 0 3 0 M H z で質問の放射、及び 1 0 9 0 M H z で返答としての応答の放射を保証する。

10

【 0 0 4 8 】

回転アンテナの場合、回転ジョイント 2 及びダウンリードケーブルは、下記を保証する。

- レーダーの回転部分と固定部分との間の 4 個のパターンに対して独立に 1 0 3 0 M H z で送信され、1 0 9 0 M H z で受信される信号の R F 結合
- アンテナの主ローブの軸の方位 2 0 1 における位置の同報通信

【 0 0 4 9 】

R F 処理は、下記を含む。

- 4 個のパターンに対して独立に 1 0 3 0 M H z で送信され、1 0 9 0 M H z で受信される信号間の R F 結合を保証するデュプレクサ又はサーキュレータ 3

- 下記を保証する送信機 4

20

- ・ S U M パターン上の 1 0 3 0 M H z における質問の送信
- ・ C O N T _ F r o n t 及び C O N T _ B a c k パターンによる 1 0 3 0 M H z における S U M ロープ以外の応答機の阻止

- ・異なる二次プロトコル (I F F、S S R 及びモード S) に対して同じ

- 4 個の S U M、D I F F、C O N T _ F r o n t 及び C O N T _ B a c k パターン上の 1 0 9 0 M H z における応答の受信、及び異なる二次プロトコル (I F F、S S R 及びモード S) に対する角度誤差測定値の計算を保証する受信機 5

【 0 0 5 0 】

リアルタイム処理は、下記を含む。

- 異なる二次プロトコル (I F F、S S R 及びモード S) に対する関連質問及び受信期間のリアルタイム管理を保証する時空管理 6

30

- 下記を保証する信号処理 7

- ・異なる二次プロトコル (I F F、S S R 及びモード S) に対する質問に関連付けられた受信期間における応答の処理

- ・下記の 4 個のパターンの利用によるアンテナの主ローブにおける同期応答の探知及び復号

- o S U M : 主ローブで受信された応答を探知すること

- o D I F F : 主 S U M ロープで受信された応答を方位で微細に突き止め、おそらくは絡み合った応答を区別すること

- o C O N T _ F r o n t 及び C O N T _ B a c k : 主 S U M ロープにおける探知の場合、二次 S U M 及び D I F F ロープで受信された応答を拒否すること

40

【 0 0 5 1 】

アンテナの主ローブにおける処理は、下記を含む。

- 下記を保証するローブに存在する目標の管理 8

- ・異なる二次プロトコル I F F、S S R 及びモード S に対して次のローブで実行されるべきトランザクション (質問及び応答) の準備

- ・丁度実行されているトランザクションの状態に応じた今後の「ロールコール (R o l l c a l l) 」期間におけるモード S 質問及び応答の配置

- 質問で使用されるプロトコルに従ってローブで受信された同期応答から異なる二次プロトコル I F F、S S R 及びモード S の各々に対するプロットの形成を保証する抽出器 9

50

【 0 0 5 2 】

マルチターン処理 1 0 は、下記を含む。

- 目標（アンテナランデブー）の位置の予測を保証する探知範囲における目標で実行されるべきモード S タスクの管理 1 0 1、及び内部及び外部要求と前ターンのトランザクションの状態とに従ってこれらの位置で実行されるべきタスクの準備

- 性能レベル（誤プロットの除去、特に復号データの確認）を向上させ、目標の今後の位置を予測するために、目標の追尾を保証する、プロット及び探知範囲における目標の追尾 1 0 2 の関連付け

【 0 0 5 3 】

ユーザとのインターフェースにより、レーダーは、異なる要求を考慮して、プロット及び目標追尾を表示することができる。

10

【 0 0 5 4 】

従って、前の測定値から実行される位置予測の使用による次のターンに関する質問に基づくモード S の選択的質問原理は、これらの測定値の精度に対して概念的に極めて敏感である。測定位置誤差は、下記に対して、次のターンが行われる場合、導くことができる次のターンに関するモード S レーダーの予測位置誤差を引き起こす。

- 目標の実際の位置に対して方位で悪く位置決めされるので、意味のない選択的質問
- 又は、最悪の場合、そのターンにおける目標の探知不能

【 0 0 5 5 】

従って、角度誤差測定値の使用に基づくレーダーの方位測定の精度を「監視する」ことは非常に重要である。

20

【 0 0 5 6 】

図 2 は、4 個のパターンを有するアンテナを有するモード S レーダーに適用される本発明のハードウェア実装形態を例示する。図 2 は、本発明に特有である追加要素を有する、図 1 のレーダーのブロック図を示す。モード S レーダーに適用される本発明の主な要素を、図 2 の太い破線で表す。

【 0 0 5 7 】

モード S レーダーの動作は同期であるけれども、追加処理 2 1、2 2 は、送信と関連がなく、アンテナの主ローブの軸の方位位置 2 3 だけを利用することが分かる。

【 0 0 5 8 】

要素の大部分は、変わらないままであり、これによって、下記の両方を支持する。

- モード S レーダーの運用動作における本発明の非侵害
- レーダーが同じ受信機を介して利用する下記の同じ要素を用いた測定
 - ・アンテナ
 - ・回転ジョイント
 - ・ダウンリードケーブル

30

【 0 0 5 9 】

第 1 の処理 2 1 を追加して、A D S - B スキッタの受信を処理する。第 1 の処理 2 1 は、（質問に関連付けられた受信期間と無関係に）モード S における非同期応答の継続処理を保証する。この処理 2 1 は、下記のために、4 個のアンテナパターン（S U M、D I F F、C O N T _ F r o n t 及び C O N T _ B a c k）を別々に等しく利用することによって、非同期応答の探知及び復号を保証する。

40

- 全ての非同期及び同期受信応答を探知する
- これらの応答を復号して、その応答からモード S アドレスを抽出する
- 各復号応答に、特に下記の特性を混入する
 - ・探知時間
 - ・探知時のアンテナの主ローブの軸の方位
 - ・S U M、D I F F、C O N T _ F r o n t 及び C O N T _ B a c k パターンにおける受信電力

・ A D S - B 応答の角度誤差測定値、即ち、アンテナの軸に対する応答のずれの測定値

50

【 0 0 6 0 】

このために、時空管理 6 は、アンテナの主ローブの方位位置 2 3 を、モード S 非同期応答の継続処理 2 1 に送信する。

【 0 0 6 1 】

同時に有利なことに、同期応答の混入は、角度誤差測定値によって補完される、SUM、DIFF、CONT_Front及びCONT_Backパターンで測定される電力を介して得られる。

【 0 0 6 2 】

抽出器 9 では、SUMで測定される電力のモード S プロットの混入も得られる。

【 0 0 6 3 】

第 2 の追加要素 2 2 は、長 ADS - B スキッタ応答 (DF 1 7) に含まれるデータ、及びレーダーによるこれらのスキッタ応答の特性の測定値を記憶して相関させる。特に、第 2 の追加要素 2 2 は、長 ADS - B スキッタで与えられた位置を利用することによって、仰角における 3 個の SUM、DIFF、CONT_Front及びCONT_Backアンテナパターン、及び仰角における角度誤差測定誤差の計算を実行する。この第 2 の処理は、マルチターン処理に追加され、目標の位置は、モード S アドレスを有するスキッタで送信され、時間及び位置は、SUM、DIFF、CONT_Front及びCONT_Backで測定された電力、角度誤差測定値及びアンテナ方位のこの同じスキッタ応答を用いて測定された値によって補完される。

【 0 0 6 4 】

この第 2 の追加要素 2 2 は、長 ADS - B スキッタが下記の通りであるという事実を利用することである本発明の原理を実施する。

- ADS - B スキッタの期間とレーダーの回転との間で本質的に非同期である
- いつ何時でも受信され、従って、ADS - B スキッタは、異なる相対方位でアンテナの主ビームのパターンをサンプリングする
- 異なる目標によって送信され、ADS - B スキッタは、異なる仰角でアンテナの主ビームのパターンをサンプリングし、目標の ADS - B スキッタは仰角を生成している
- レーダーの位置測定値以外の正確な位置測定値を送信する (長 ADS - B スキッタの GPS 位置)
- 同じスキッタに関するレーダータイプの測定を行うことができる

【 0 0 6 5 】

より詳細に本発明を説明する前に、図 3 に例示する二次レーダーの ATC アンテナの表示を踏まえて、本発明の原理を概説する。この例において、アンテナは、LVAタイプのアンテナである。このアンテナは、P個のダイポールを各々が含むN個のバー、例えば、11個の要素を各々が有する35個のバーを含む。本発明は、レーダーによって、応答機の位置 (LAT - LONG)、及び応答機の位置の探知及び測定を指定する DF 1 7 メッセージの内容を利用する。N個のバー間で受信されたエネルギーの分布により、方位における位置を測定することができ、各バーのダイポール間で受信されたエネルギーの分布は、仰角パターンを定義する。

【 0 0 6 6 】

バー間の分配器のレベルで、又はバーのレベル又はバーのダイポールのレベルで局所的な劣化を分離するために、本発明は、仰角セグメントによって測定値を蓄積する。本発明は、所与の期間 (例えば、1日) にわたって実質的に全てのアンテナローブを含むことができる長 ADS - B スキッタ (DF 1 7) 及び高度と距離における (従って、仰角における) 目標の視差の非同期性である。

【 0 0 6 7 】

従って、後述されるように、本発明は、特に、レーダーの主ビームでレーダーによって受信された ADS - B スキッタの仰角セグメントによってアンテナの軸に対するずれを測定し、ADS - B スキッタによって与えられた位置と、同じ ADS - B スキッタ上でレーダーによる角度誤差測定値によって同時に測定された位置との間の差に基づいて、角度誤

10

20

30

40

50

差測定機能用のレーダーによって使用される角度誤差測定曲線の誤差を測定し、長期間にわたって（例えば、毎日）、仰角セグメントによってこれらの誤差を統合することである。

【0068】

同様に、ADS-Bスキッタに関連付けられた各パターンにおける電力の測定値により、ローブにおけるADS-Bスキッタのずれに対してSUM、DIFF及びCONT__Front対SUM__maxの相対電力を計算して、長期間にわたって（毎日）、仰角セグメントによってこれらの測定値を統合することができる。

【0069】

このようにして、レーダーの運用動作に支障を与えずに、ビーコン無しで、実現可能性ADS-Bを搭載した航空機を用いるだけで、仰角セグメントによって独立して、レーダー、又はより全体的にはレーダーの主ビームの方位精度の現在の低下を特に自動探知することができる。

10

【0070】

原理は、レーダーがスキッタを送信した瞬間にレーダーの主ローブに存在する航空機の場合に対応するレーダーの主ビームでレーダーによって受信された長ADS-Bスキッタであるフルーツ（非同期応答）を使用することである。実際に、目標を突き止める主要ミッションによって、長ADS-BスキッタDF17は、目標の緯度経度位置（LAT-LONG）と本質的に関連がある。

【0071】

ADS-Bスキッタの受信時に、任意の他のフルーツと同様に、ADS-Bスキッタに、レーダーアンテナの異なるパターンで受信された電力、及びレーダーのローブで受信された任意の応答に関する測定角度誤差測定値（この角度誤差測定値は、主ビーム、より詳細には、アンテナの軸の近傍、即ち、3dBローブで2.4度のATCアンテナに対して、-2.5度～+2.5度の範囲でだけ意味がある）を混入する。

20

【0072】

本発明は、レーダーによって確認されたADS-Bスキッタだけを利用する。即ち、責務の航空探知範囲の監視の動作タスクでレーダーに対して同じ目標によって積極的に応答された選択的質問を使用し、これによって、宣言位置が誤りである場合があるなりすましから、又はレーダーの事前探知で様々な誤差を飛行が示している目標から、ADS-Bスキッタを考慮するのを回避する。

30

【0073】

従って、有利なことに、本発明は、アンテナの軸に対する相対方位における位置が主ビーム（アンテナ、ATC又はIFFのタイプに依存するパラメータ）で長ADS-Bスキッタを定める長ADS-Bスキッタを利用する。従って、各長ADS-Bスキッタに対して、本発明は、下記を計算する。

- スキッタのLAT-LONG位置及びレーダーのLAT-LONG位置を利用することによって相対方位を正確に計算し、従って、レーダーのアンテナのビームにおけるずれを与える

- （レーダーの探知機能に必要な）レーダーの同じ受信連鎖によってスキッタの準同時同期プロットのSUM、DIFF及びCONT__Frontパターン対SUM__maxから測定された相対電力を計算する

40

- （レーダーの方位位置機能に必要な）レーダーの同じ受信連鎖によって測定された角度誤差測定電圧を計算する

- 下記のように、アンテナの理論曲線を有する誤差を計算する

・レーダーの位置に対する目標の仰角に従って

・下記におけるスキッタの方位に従って

○SUM、DIFF及びCONT対SUM__maxパターンに対する相対振幅

○レーダーの運用動作に支障を与えずに、同じ応答で、応答の角度誤差測定電圧に

応じて目標の測定ずれを与える角度誤差測定表を参照した角度誤差測定値

【0074】

50

測定範囲を拡大する、従って主ビームのパターンの監視の精度を向上させるために、本発明は、レーダーに対する目標の仰角の余弦の点でアンテナのパターンの閃光の影響（従って、特に角度誤差測定機能）を考慮するように各仰角セグメントに対する計算を実行することに留意すべきである。

【0075】

個々の測定値の高精度を保証するために、例えば、下記を利用する。

- SUM、DIFF及びCONT_Frontビームの測定値に対する十分なダイナミックレンジを保証しながら、受信機の雑音の影響を制限するために、強いレベル（短距離）のスキッタを利用する

- ADS-Bスキッタの探知時に目標によって送信された目標の位置の精度の影響を最小化することによって角度誤差測定誤差の測定値を最適化するために、（仰角に従って）短距離及び中距離で目標からスキッタを利用する（スキッタの測定GPS位置とレーダーによるスキッタの受信時間との間の可変待ち時間）

10

【0076】

かなりの時間、これらの測定値を蓄積すると、レーダーが利用する仰角、方位及び相対方位の全ての値を含むことができ、従って、保持された3軸による誤差の計算の精度を向上させることができる。更に、（例えば、1度ピッチを有する）方位セグメントによってこれらの誤差（相対方位に応じた角度誤差測定値及び振幅）を蓄積すると、所与の方位と関連がある特異点を示すことができる。

【0077】

これらの誤差を、（例えば、自動手段によって）解析する。解析結果が、（角度誤差測定値と同様に振幅において）過剰な数の誤差を評価する場合、下記のように、劣化の原因に関する推定を行うことができる。

20

- 解析結果が、スキッタの方位、又は相対方位、又は仰角に左右されない場合、

・ダウンリードケーブルの劣化と関連がある可能性がある。

- 解析結果が、スキッタの方位に左右され、相対方位又は仰角に左右されない場合、

・レーダーのアンテナの固定部分及び回転部分を連結する回転ジョイントの劣化と関連がある可能性がある。

- 解析結果が、相対方位に左右され、スキッタの方位又は仰角に左右されない場合、

・アンテナの垂直ダイポール又はアンテナの分配器の劣化と関連がある可能性がある。

30

- 解析結果が、相対方位及び仰角に左右され、スキッタの方位に左右されない場合、

・アンテナの垂直ダイポールの放射要素の劣化と関連がある可能性がある。

【0078】

劣化の原因に関する他の推定を行うことができる。

【0079】

従って、これらの測定値の継続解析は、HUMS（「Health and Usage Monitoring Systems」）タイプの手法でレーダーの性能レベルが低下する前に計画可能な修理作業を必要ならば行うために、自動警報を可能にする。

【0080】

「長ADS-Bスキッタ」応答の復号に関して、第10付属書の第3章（chapter 3 of Annex 10）の航空電気通信（Aeronautical telecommunications）では、モードS応答（ダウンリンク）フォーマットを要約する。

40

【0081】

長ADS-Bスキッタ（DF17及びDF18）は、実際に、レーダーが処理する同期応答と同一のメッセージフォーマットを有する。従って、非同期応答に関する同様の処理を同期応答に関する処理として使用すると、2種類のメッセージに従う同一パターン測定値を得ることができ、従って、共通の結論、即ち、非同期応答によって測定されたアンテナの劣化は同期応答に完全に適用できるという結論をこの測定値から推測することができる。

50

【 0 0 8 2 】

本発明に従うレーダーによる応答の探知は、数値データが一例として与えられる、アンテナのパターンに従って下記の表 1 に要約されるように、これらの応答が同期であるか非同期であるかによって異なる。

【 0 0 8 3 】

【表 1】

	LSB 単位	同期応答		非同期応答	
		主ローブ	主ローブ	主ローブを除く	
探知時間	ms	あり	あり	あり	
モード S アドレス		あり	あり	あり	
アンテナ方位	ACP14	あり	あり	あり	
非照準角度_OBA	ACP14	あり	あり	なし	
目標方位	ACP14	あり	あり	なし	
目標距離	50ns	あり	なし	なし	
目標仰角		あり	なし	なし	
二次プロトコル		IFF/SSR	モード S	モード S	
DF フォーマット		あり	あり	あり	
データモード S		あり	あり	あり	
SUM 電力	0.1 dBm	あり	あり	あり	
DIFF 電力	0.1 dBm	あり	あり	あり	
CONT_Front 電力	0.1 dBm	あり	あり	あり/なし	
CONT_Back 電力	0.1 dBm	なし	なし	あり/なし	

10

20

【 0 0 8 4 】

本発明によれば、全ての非同期応答に、各パターンによる測定電力が混入されている。

【 0 0 8 5 】

異なるモード S 同期応答及び非同期応答は、下記におけるモード S アドレスに関して非常に似ている。

- パリティフィールド
- 又は、データフィールド

【 0 0 8 6 】

モード S アドレスは、応答機の固有識別子であり、従って、通常同期処理のように非同期処理で、目標を識別して、レーダーの選択的質問を介して、ADS-B スキッタがレーダーの探知範囲で確かに実際の目標であることを保証することができる。

【 0 0 8 7 】

本発明は、疑わしいと考えられる、即ち、レーダーの選択的質問によって確認されない ADS-B スキッタを考慮しない。

40

【 0 0 8 8 】

図 4 は、下記のように、2つの限界 40 (約 - 2 度まで)、40' (約 + 2 度まで) によって囲まれた方位範囲内で 3 個のパターン (SUM、DIFF、CONT_Front) を有する従来の ATC アンテナの主ビームを送信及び受信の両方で利用する二次レーダーの典型的な同期動作を一例として示す。

- SUM
 - ・質問 41' を用いた応答機 (曲線 41) に対する質問の生成
 - ・応答 42' を用いた応答機 (曲線 42) の応答の探知
- DIFF
 - ・アンテナ (曲線 43) の軸に対する応答の突き止め

50

- ・特定のタイプのレーダーの場合、絡み合った応答の区別
- アンテナ（曲線 4 4）のビームで処理されるべき応答の範囲を定める CONT__Front
- ・ I S L S : 主ビームの中心の外側で応答機を送信（1030MHz）で阻止する（応答機によって拒否された質問に対応する図 4 における星印を参照）
- ・ R S L S : 主ビームの中心の外側で応答を受信（1090MHz）時に拒否する【0089】

図 5 は、目標の距離に応じた受信電力を例示する。アンテナのパターンを表す図 4 の曲線は、処理されるべき信号の電力ダイナミックレンジが、主ビームで、パターン間で相対的に 25 dB ~ 35 dB のオーダーであることを示す。曲線 5 1 は、目標の距離に応じて受信される目標毎（即ち、プロット毎）の平均電力を示す。ダウンリンクレーダー量の典型であるこの曲線 5 1 により、目標から受信される信号の電力を評価することができる。高いダイナミックレンジ及び精度を保証するために、本発明による方法は、電力レベルが、レーダーによる ADS - B 応答の探知及び復号の閾値 5 2 を超える少なくとも 35 dB である近接目標だけを使用する。本発明のために考慮された長 ADS - B スキッタは、レーダーの主ビームで受信されるスキッタであることを考えると、同期モードでレーダーに応答する場合、スキッタのレベルは、同じ目標のレベルに近い。実際に、例えば、パターンの測定の場合、目標がレーダーの 50 Nm 以内であり、この値をオペレーターがパラメータによって調整することができる長 ADS - B スキッタだけを使用することになる。

【0090】

図 6 は、異なる目標によって送信された約 10 個のスキッタによって 1090MHz で受信の際にアンテナのパターンをサンプリングする例によって本発明の原理を例示する。パターンは、質問パターン 4 1 だけが削除されている同期使用の場合で説明された図 4 のパターンと同じである。有利なことに、本発明は、実行される測定のタイプによって距離で選択された異なる仰角に従う機会の目標で、二次レーダーのアンテナの主ビームのパターンを高精度で永続的に測定するために長 ADS - B スキッタを利用する。

【0091】

レーダーの主ビームが目標を照らす場合、目標は、図 4 に示すようなレーダーによって選択的に質問され、目標は、目標自体の速度で、図 6 に例示するような長 ADS - B スキッタを含むスキッタを自動送信することができる。

【0092】

図 6 は、曲線 4 2、4 3、4 4 でそれぞれ表す 3 個のパターン（SUM、DIFF 及び CONT__Front）の典型的な ATC 又は IFF アンテナを示す。

【0093】

所与の瞬間に、アンテナの軸から - 5 度 ~ + 5 度の方位に存在する異なる目標は、長スキッタ 6 1 を送信することができる。ローブで探知される各スキッタに、下記を混入する。

- 3 個のパターン 4 2、4 3、4 4 に関する受信レベル、従って、SUM パターン 4 2 に関するレベル 6 1、DIFF パターン 4 3 に関するレベル 6 1 1、CONT__Front パターン 4 4 に関するレベル 6 1 2 で、スキッタを受信する

- DIFF 及び SUM で受信された応答信号からレーダーによって計算された角度誤差測定電圧

- 相対方位対アンテナの軸（横座標 X 軸）

【0094】

目標からの距離に従って、受信レベル対レーダーの測定閾値によって与えられる信号（縦座標 Y 軸）のダイナミックレンジは、所要のダイナミックレンジ（約 35 dB）を有することができる。

【0095】

各スキッタは、下記のように、目標のモード S アドレスを特徴とする。

- 幾つかのスキッタは、目標の LAT - LONG 位置を与える

- 他のスキッタは、目標の高度を与える（気圧又は GNSS）

10

20

30

40

50

【 0 0 9 6 】

下記の間の非同期性は、

- 方位及び仰角における目標の位置
- レーダーのビームの回転
- 目標による長 A D S - B スキッタの自発的送信

長期間にわたってレーダーのアンテナの回転の間中、下記における全ての可能な位置をサンプリングすることを可能にする。

- 相対方位
- 仰角（目標の距離及び高度を与える L A T - L O N G 位置から推測）
- アンテナビームの軸の方位

10

【 0 0 9 7 】

更に、A D S - B スキッタからの測定値を蓄積する。この目的のために、本発明は、レーダーの同期追尾と同様な方法で A D S - B 追尾を構築するために、全ての長 A D S - B スキッタ（非同期）を追尾する。これらの追尾は、下記を主に特徴とする。

- モード S アドレス
- 目標の現在位置、及び三次元（方位、距離、高度）における目標の速度ベクトル
- 目標の現在の電力
- 本発明による方法によるこの追尾の可能な使用

【 0 0 9 8 】

目標からのスキッタをアンテナの主ビームで受信しない場合でも、上述のデータの追尾を混入するために、このスキッタを追尾する。

20

【 0 0 9 9 】

実際に、T C の値に従って、長 A D S - B スキッタ D F 1 7 は、データ、特に、L A T - L O N G 位置及び高度を含む。

【 0 1 0 0 】

主ビームで受信される各使用可能なスキッタ（レーダーによって確認されたスキッタ）に対して（この主ビームは、スキッタの受信時にアンテナの軸から相対方位で、例えば多くても - 1 0 度 ~ 1 0 度（この角度範囲は限定されないことを踏まえて）だけずれ、本発明を、 - 1 8 0 度 ~ 1 8 0 度にわたって適用することができる）、本発明による方法は、

- スキッタに含まれる情報を利用するステップと、
- 追尾のデータから不明情報を完全にするステップと、
- 下記のように、相対方位に応じて、相対電力、及びアンテナのパターンの利得の誤差を計算するステップと、

30

・同じビームにおいて、レーダーは、同期プロット（図 4 参照）の電力を測定し、この電力は、目標からこの距離でこのレーダー構成によって得ることができる S U M _ m a x 値（d B m で）である

・長 A D S - B スキッタの応答に、S U M、D I F F 及び C O N T パターンに関する電力測定値（d B m で）を混入し、本発明による方法は、下記のように、スキッタの相対方位に対して、推測する

$$o \text{ S U M - r e l a t i v e (d B) = S U M (d B m \text{ で }) - \text{ S U M } _ \text{ m a x (d B m \text{ で })}$$

40

$$o \text{ D I F F - r e l a t i v e (d B) = D I F F (d B m \text{ で }) - \text{ S U M } _ \text{ m a x (d B m \text{ で })}$$

$$o \text{ C O N T - r e l a t i v e (d B) = C O N T (d B m \text{ で }) - \text{ S U M } _ \text{ m a x (d B m \text{ で })}$$

を含む。

S U M - r e l a t i v e (d B)、S U M (d B m \text{ で }) 及び S U M _ m a x (d B m \text{ で }) を、下記のように定義する。図 4（又は図 6）における曲線は、アンテナの軸の相対方位におけるずれに従って、S U M、D I F F、C O N T アンテナパターンの、アンテナの軸における最大電力 S U M _ m a x に対する相対利得（d B m で）を表す。A D S - B 応

50

答を、特定のずれで受信した場合、電力 (dBm) の測定を、3 個のパターンに従って実行する。

【0101】

DIFF - relative (dB) 及び DIFF (dBm) で、CONT - relative (dB) 及び CONT (dBm) を、DIFF 及び CONT パターンに対して同様に定義する。

【0102】

dBm で SUM_max とここで呼ばれる ADS - B フルーツと時間的に最も近い同期プロットの電力を、3 個のパターンに関する ADS - B の電力と比較することによって、相対利得の曲線 42" (SUM)、曲線 43" (DIFF) 及び曲線 44" (CONT) の点 10 を、下記のように説明される図 7 に表すようなずれに従って得る。

・下記のように、これらの値を本発明の基準の値と比較することによって、各パターンの利得誤差を設定する (工場におけるレーダーの受信時、又はレーダー場所の受け入れ時に測定されたパターン)

o SUM_err (dB) = SUM - relative (dB) - SUM - reference (dB)

o DIFF_err (dB) = DIFF - relative (dB) - DIFF - reference (dB)

o CONT_err (dB) = CONT - relative (dB) - CONT - reference (dB)

20

・主ローブに対して、アンテナに対する仰角におけるビームの変形を考慮することによって、レーダーによって測定された位置を、ビームで ADS - B スキッタのずれのために ADS - B スキッタで送信された位置と比較することによって、角度誤差測定誤差を設定する。

【0103】

解析の間に、これらの異なる値を、下記に従って相対方位に応じて蓄積する。

- アンテナの方位 (例えば、度のピッチ)
- あらゆる方位
- 目標の仰角

【0104】

30

主ローブで探知された、位置に依存しない ADS - B スキッタの使用は、下記の 2 つの大きな利点を提示する。

- ADS - B スキッタ及び同期プロットの準同時受信に続いて、主ビーム (軸から - 10 度 ~ + 10 度) におけるパターンの測定に対して、目標によって送信される電力は、プロットの同期応答とスキッタの非同期応答との両方に対して一定であり、3 個の SUM、DIFF、CONT パターンの非常に正確な相対測定値を有することができる

- レーダーの方位精度の「監視」に対して、ADS - B 応答から直接 ADS - B スキッタを送信している目標の方位位置のレーダー方法による測定は、目標が送信位置と測定位置との間で移動していないので、角度誤差測定誤差の非常に正確な測定値を有することができる

40

【0105】

図 7 は、- 5 度と + 5 度との間で、SUM パターン (測定パターン 42")、DIFF パターン (測定パターン 43") 及び CONT パターン (測定パターン 44") を再構成することができるこれらの値の蓄積を例示する。この例において、SUM、DIFF、CONT パターンの太字部分は、約 18000 個の応答で得られる。

【0106】

工場受け入れプロットは、約 0.05 度と等しい相対方位ピッチで通常行われる。

【0107】

そのオーダーの精度を有するために、解析時間は、各セル (方位、仰角、相対方位) で十分なサンプルを有するように十分長い (例えば、1 日のオーダー) 必要がある。実際に

50

、アンテナのパターンをサンプリングすると考えられる場所でレーダーに対する相対位置に応じた目標であり、その結果、解析の時間だけ、十分な測定値を収集することができる。

【0108】

ここで与えられた数値は、概略の指標としてだけ与えられ、実質的に、精度の点で、リフレッシュ速度の点で、及びレーダーに近い航空機から入手できるフルーツのリフレッシュ速度に従って、特にオペレーターの必要性に応じて、オペレーターによって数値をパラメータ化することができることに留意すべきである。

【0109】

図8は、主ローブにおけるずれに応じた角度誤差測定電圧の曲線の有効部分に関するズームを示す。この曲線を、アンテナの軸に対する主ローブのずれを評価するために、主ローブで受信される同期又は非同期応答のDIFF/SUM比の測定値に応じてレーダーによって使用される角度誤差測定表に逆転して記憶する。

10

【0110】

垂直点線81、82は、-3dBで2.4度のLVAアンテナに関連付けられたレーダーによって通常利用される曲線の有効ゾーンを画定する。

【0111】

図9は、主ローブにおける目標のずれに応じた多数の応答(8000個を超える)にわたる方位における誤差の曲線のプロットを示す。曲線は、0.08度の標準偏差によってレーダーの予想方位精度と比較してローブエッジで±0.1度に近い誤差を有するわずかな傾斜を示し始めることに留意されよう。一例としてこのレーダーで定義されるように、角度誤差測定表は、点線91、92の間にある範囲に明確に限定され、一例としてレーダーによって利用されないこの範囲のはるか外側を横切る誤差に対して通常である。

20

【0112】

本発明は、レーダー場所に搭載されているアンテナ(工場受け入れで)の工場プロットに応じて、異なるSUM、DIFF、CONT及び角度誤差測定誤差アンテナパターンのテンプレートを設定する。

【0113】

アンテナ及び角度誤差測定誤差パターンの計算の後、典型的に毎日、本発明による方法は、実行測定値をこのテンプレートと比較して、テンプレートの外側の点の集計を生成し、パターン及び角度誤差測定値を測定するために使用されるフルーツの量及び質を考慮することによって、テンプレートを重み付けする。

30

【0114】

このHUMS集計(典型的に毎日)により、アンテナ(ケーブル及び回転ジョイントを含む)の潜在的な現在の劣化を評価することができる。

【0115】

更に、特に空中線の異なるタイプの劣化に応じてアンテナパターンの特性変形及び角度誤差測定曲線の変形を設定していることによって、本発明は、下記のように、劣化要素を提案する。

- 方位、相対方位及び仰角は何であっても、SUM、DIFF及び/又はCONTパターンの均一レベルの損失

40

・ x dB だけ RF ケーブルの損失の増加

- 方位、相対方位及び仰角は何であっても、方位精度の損失

・ x dB だけ RF ケーブル、SUM 又は DIFF の損失の増加

- 相対方位及び仰角は何であっても、特定の方位における方位精度の損失

・ 1つ又は複数の所与の方位で、XXの振幅又はYYの位相における回転ジョイントの劣化

- 方位及び仰角は何であっても、特定の相対方位におけるパターンの変形

・ 放射柱の劣化、又はアンテナの分配器のレベルにおける劣化

【0116】

劣化の他の兆候も得ることができる。

50

【 0 1 1 7 】

3個のアンテナパターン及び角度誤差測定値のこの継続解析を、数個のテンプレートに対して実行する。この継続解析により、同じ空中線を用いたレーダー又はA D S - B受信機を劣化又は故障と最終的に明らかにすることができる性能レベルの低下を機能的に定量化することができる。

【 0 1 1 8 】

性能を保証する通常のテンプレート以外に、通常の劣化の後のアンテナパターンの変形を関連付けている空中線の通常の劣化を検出するために、専用テンプレートを設けることができる。

【 0 1 1 9 】

最後に、劣化の傾向の毎日の追跡により、レーダーを動作不能にするような方法でレーダーの性能レベルに影響を与える前に、レーダー場所への介入の限界日の予定を決めることができる。

10

【 0 1 2 0 】

更に、本発明の追加の利点は、下記の通りである。角度誤差測定機能の誤差の設定（例えば、毎日）により、角度誤差測定機能が、オペレーターにとってまだ受け入れ可能な許容テンプレートの範囲内のみである場合、ビームで方位における同期目標を突き止めるためにレーダーが使用する角度誤差測定表を補正することができ、従って、空中線の劣化又は空中線の老化が始まった場合、レーダーの高い方位精度を更に保証することができる。空中線は、少なくともアンテナ1、ダウンリードケーブル及び回転ジョイントから構成される組立体である。

20

【 0 1 2 1 】

図10は、主ローブにおける目標のずれに応じた同じ多数の応答（8000個を超える）にわたる新しい角度誤差測定表の計算後の、本発明による新しい方位誤差曲線のプロットを示す。方位誤差曲線は、最高最低振幅が全部明らかに ± 0.05 度未満である誤差を示す略平坦であることに留意せよ。

【 0 1 2 2 】

図11は、同じ多数の応答（8000個を超える）にわたって本発明による古い角度誤差測定表又は新しい角度誤差測定表を使用することによって、目標のずれに応じて方位誤差曲線のプロットを比較することによるローブの有効部分に関するズームを示す。

30

【 0 1 2 3 】

ここですぐに注目すべきなのは、同期応答のずれによるレーダーの方位精度における利得である。ローブにおける目標の位置が何であっても、新しい角度誤差測定曲線を用いて、方位誤差は、非常に低く、殆ど一定である。

【 符号の説明 】

【 0 1 2 4 】

- 1 アンテナ
- 2 回転ジョイント
- 3 サーキュレータ
- 4 送信機
- 5 受信機
- 6 時空管理
- 7 信号処理
- 8 管理
- 9 抽出器
- 10 マルチターン処理
- 21 第1の追加処理
- 22 第2の追加処理
- 23 方位位置
- 40、40' 限界

40

50

- 4 1 曲線
- 4 1 ' 質問
- 4 2 曲線
- 4 2 ' 応答
- 4 2 " 測定パターン
- 4 3 曲線
- 4 3 " 測定パターン
- 4 4 曲線
- 4 4 " 測定パターン
- 5 1 曲線
- 5 2 閾値
- 6 1、6 1 1、6 1 2 レベル
- 8 1、8 2 垂直点線
- 9 1、9 2 点線
- 1 0 1 管理
- 1 0 2 追尾

10

【図面】

【図 1】

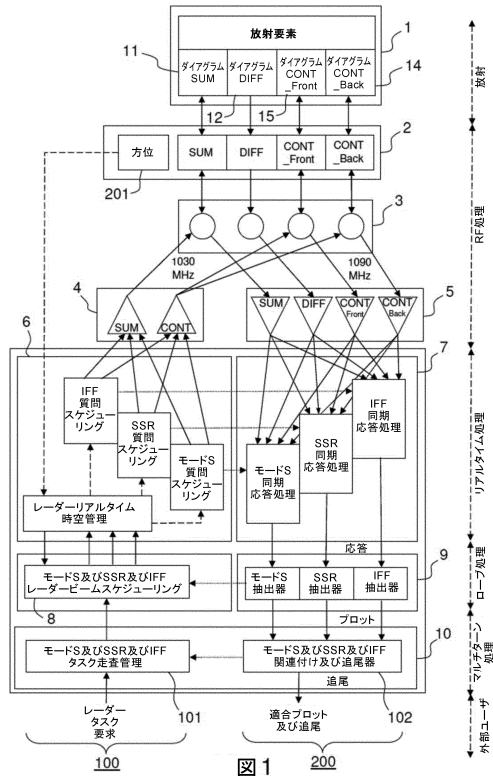


図 1

【図 2】

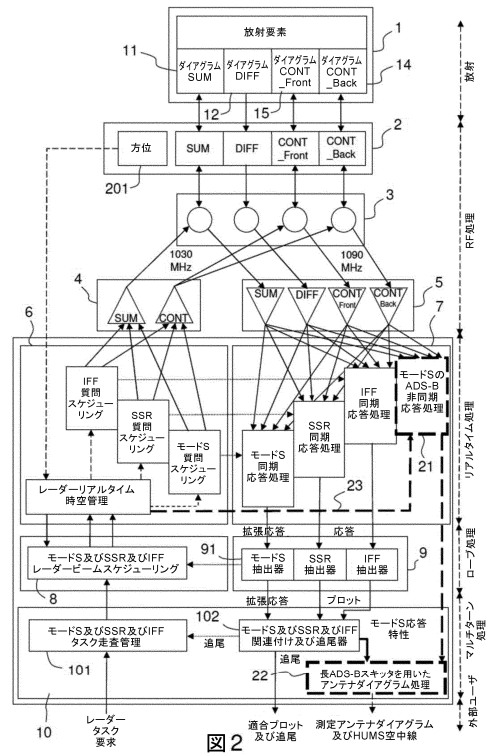


図 2

20

30

40

50

【 図 3 】

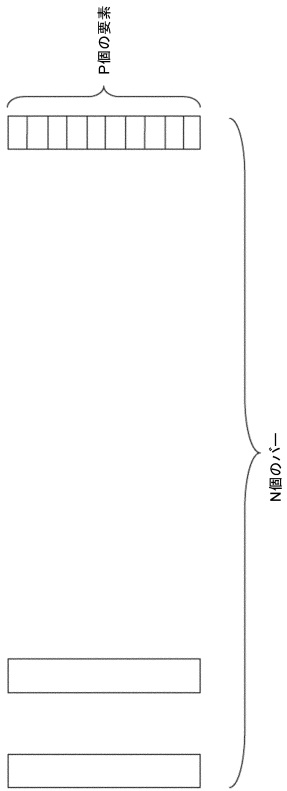


図 3

【 図 4 】

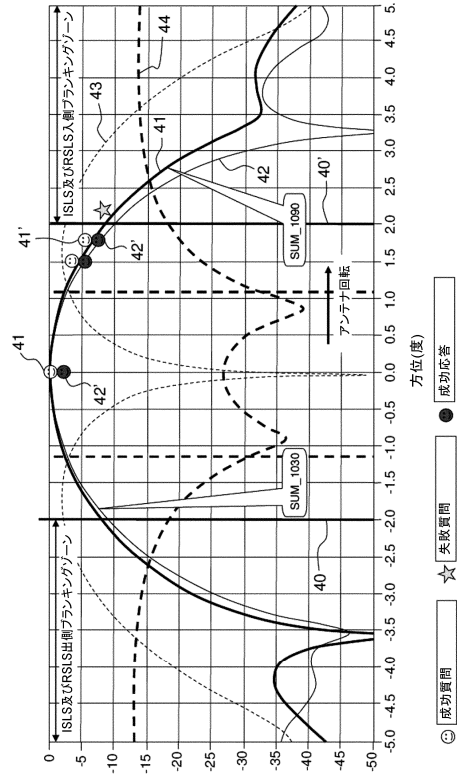


図 4

【 図 5 】

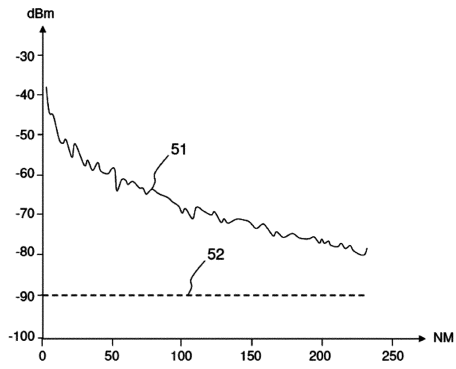


図 5

【 図 6 】

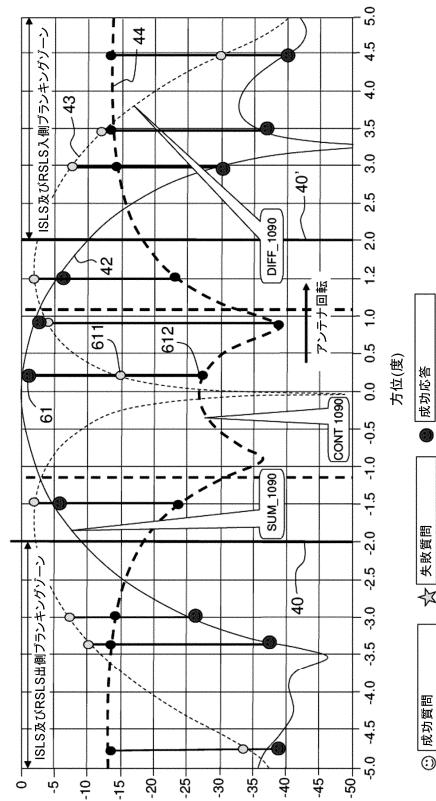


図 6

10

20

30

40

50

【 図 7 】

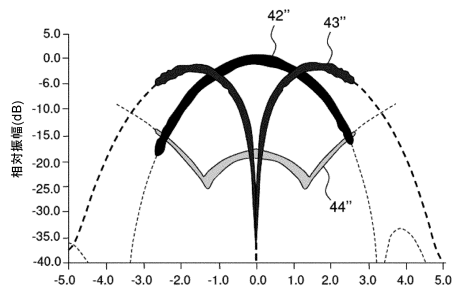


図 7

【 図 8 】

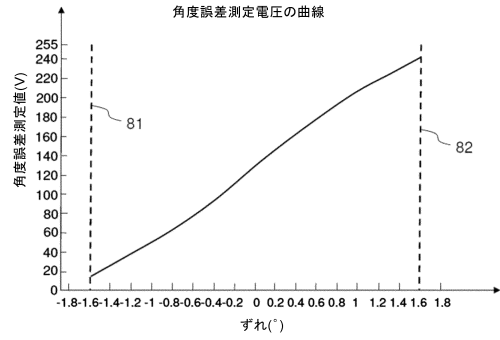


図 8

10

【 図 9 】

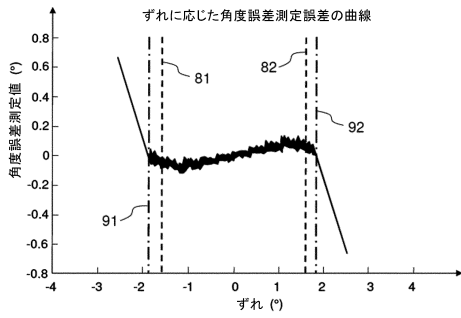


図 9

【 図 10 】

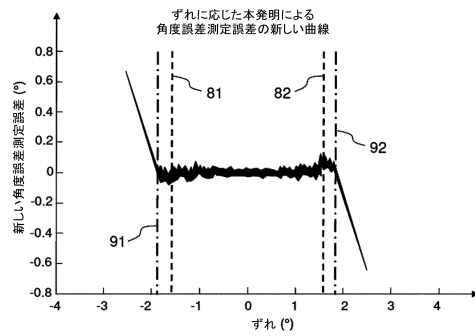


図 10

20

30

40

50

【 図 1 1 】

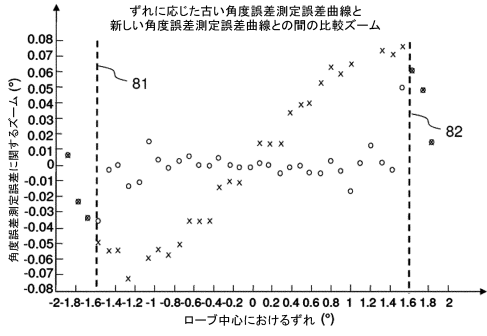


図 11

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 欧州特許出願公開第02960671(E P, A 1)
米国特許出願公開第2008/0042896(U S, A 1)
米国特許出願公開第2012/0001793(U S, A 1)
特開2012-058183(J P, A)
特開2014-238388(J P, A)
- (58)調査した分野(Int.Cl., D B名)
G 0 1 S 7 / 0 0 - G 0 1 S 7 / 4 2
G 0 1 S 1 3 / 0 0 - G 0 1 S 1 3 / 9 5