

(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2014-95625
(P2014-95625A)

(43) 公開日 平成26年5月22日(2014.5.22)

(51) Int.Cl.
G01S 13/46 (2006.01)

F I
G O I S 13/46

テーマコード(参考)
5 J O 7 0

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2012-247446 (P2012-247446)
(22) 出願日 平成24年11月9日(2012.11.9)

(71) 出願人 000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号
(74) 代理人 110001634
特許業務法人 志賀国際特許事務所
(72) 発明者 武田 孝文
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
(72) 発明者 久慈 義則
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
Fターム(参考) 5J070 AH31 AH39 AK22 AK29 BD02 BH12

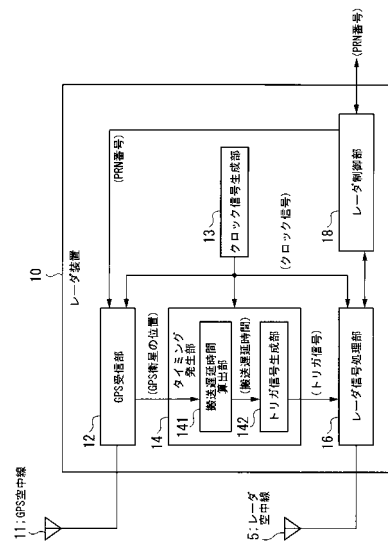
(54) 【発明の名称】 レーダ装置、及びレーダシステム

(57) 【要約】

【課題】 衛星から送信された信号を用いた同期精度を向上させる。

【解決手段】 レーダ装置は、衛星信号を受信する衛星信号受信部と、衛星信号に関する遅延時間を算出する遅延時間算出部と、遅延時間に基づいて、衛星信号が衛星から送信されてから所定の時間にトリガ信号を生成するトリガ信号生成部と、トリガ信号に基づいて送信波を送信する送信部と、送信波に応じて目標物が送信した信号、又は目標物によって反射された送信波を受信する受信部と、受信部が受信した信号に対して、トリガ信号に基づいて受信処理を行う受信信号処理部と、を備える。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

衛星信号を受信する衛星信号受信部と、
 前記衛星信号に関する遅延時間を算出する遅延時間算出部と、
 前記遅延時間に基づいて、前記衛星信号が衛星から送信されてから所定の時間にトリガ信号を生成するトリガ信号生成部と、
 前記トリガ信号に基づいて送信波を送信する送信部と、
 前記送信波に応じて目標物が送信した信号、又は目標物によって反射された前記送信波を受信する受信部と、
 前記受信部が受信した信号に対して、前記トリガ信号に基づいて受信処理を行う受信信号処理部と、
 を備えることを特徴とするレーダ装置。 10

【請求項 2】

前記衛星信号受信部は、
 前記衛星信号を復調して前記衛星信号を送信した衛星の位置を取得し、
 前記遅延時間算出部は、
 前記衛星の位置と自装置の位置とに基づいて前記衛星信号が自装置に到達するまでの時間を前記遅延時間として算出する
 ことを特徴とする請求項 1 に記載のレーダ装置。 20

【請求項 3】

前記遅延時間算出部は、
 前記衛星信号受信部が前記衛星の位置の取得に要する時間と、前記衛星信号が自装置に到達するまでの時間の算出に要する時間とを前記遅延時間を含めて算出する
 ことを特徴とする請求項 2 に記載のレーダ装置。 20

【請求項 4】

衛星信号を受信する衛星信号受信部と、
 前記衛星信号に関する遅延時間を算出する遅延時間算出部と、
 前記遅延時間に基づいて、前記衛星信号が衛星から送信されてから所定の時間にトリガ信号を出力するトリガ信号生成部と、
 前記トリガ信号に基づいて送信波を送信する送信部と、
 を備えることを特徴とするレーダ装置。 30

【請求項 5】

前記衛星信号受信部は、
 前記衛星信号を復調して前記衛星信号を送信した衛星の位置を取得し、
 前記遅延時間算出部は、
 前記衛星の位置と自装置の位置とに基づいて前記衛星信号が自装置に到達するまでの時間を前記遅延時間として算出する
 ことを特徴とする請求項 4 に記載のレーダ装置。 40

【請求項 6】

前記遅延時間算出部は、
 前記衛星信号受信部が前記衛星の位置の取得に要する時間と、前記衛星信号が自装置に到達するまでの時間の算出に要する時間とを前記遅延時間を含めて算出する
 ことを特徴とする請求項 5 に記載のレーダ装置。 40

【請求項 7】

衛星信号を受信する衛星信号受信部と、
 前記衛星信号に関する遅延時間を算出する遅延時間算出部と、
 前記遅延時間に基づいて、前記衛星信号が衛星から送信されてから所定の時間にトリガ信号を出力するトリガ信号生成部と、
 他のレーダ装置が送信した送信波に応じて目標物が送信した信号、又は目標物によって反射された該送信波を受信する受信部と、 50

前記受信部が受信した信号に対して、前記トリガ信号に基づいて受信処理を行う受信信号処理部と、

を備えることを特徴とするレーダ装置。

【請求項 8】

前記衛星信号受信部は、

前記衛星信号を復調して前記衛星信号を送信した衛星の位置を取得し、

前記遅延時間算出部は、

前記衛星の位置と自装置の位置とに基づいて前記衛星信号が自装置に到達するまでの時間を前記遅延時間として算出する

ことを特徴とする請求項 7 に記載のレーダ装置。

10

【請求項 9】

前記遅延時間算出部は、

前記衛星信号受信部が前記衛星の位置の取得に要する時間と、前記衛星信号が自装置に到達するまでの時間の算出に要する時間とを前記遅延時間を含めて算出する

ことを特徴とする請求項 8 に記載のレーダ装置。

【請求項 10】

第 1 のレーダ装置と複数の第 2 のレーダ装置とを具備するレーダシステムであって、

前記第 1 のレーダ装置は、

衛星信号を受信する第 1 の衛星信号受信部と、

前記第 1 の衛星信号受信部が受信した前記衛星信号に関する遅延時間を算出する第 1 の遅延時間算出部と、

20

前記第 1 の遅延時間算出部が算出した遅延時間に基づいて、前記衛星信号が衛星から送信されてから所定の時間に第 1 のトリガ信号を出力する第 1 のトリガ信号生成部と、

前記第 1 のトリガ信号に基づいて送信波を送信する送信部と、

を備え、

前記第 2 のレーダ装置は、

衛星信号を受信する第 2 の衛星信号受信部と、

前記第 2 の衛星信号受信部が受信した前記衛星信号に関する遅延時間を算出する第 2 の遅延時間算出部と、

前記第 2 の遅延時間算出部が算出した遅延時間に基づいて、前記衛星信号が衛星から送信されてから前記所定の時間に第 2 のトリガ信号を生成するトリガ信号生成部と、

30

前記送信部が送信した送信波に応じて目標物が送信した信号、又は目標物によって反射された該送信波を受信する受信部と、

前記受信部が受信した信号に対して、前記第 2 のトリガ信号に基づいて受信処理を行う受信信号処理部と、

を備える

ことを特徴とするレーダシステム。

【請求項 11】

前記第 1 の衛星信号受信部及び前記第 2 の衛星信号受信部は、

前記衛星信号を復調して前記衛星信号を送信した衛星の位置を取得し、

40

前記第 1 の遅延時間算出部は、

前記衛星の位置と前記第 1 のレーダ装置の位置とに基づいて前記衛星信号が前記第 1 のレーダ装置に到達するまでの時間を遅延時間として算出し、

前記第 2 の遅延時間算出部は、

前記衛星の位置と前記第 2 のレーダ装置の位置とに基づいて前記衛星信号が前記第 2 のレーダ装置に到達するまでの時間を遅延時間として算出する

ことを特徴とする請求項 10 に記載のレーダシステム。

【請求項 12】

前記第 1 の遅延時間算出部は、

前記第 1 の衛星信号受信部が前記衛星の位置の取得に要する時間と、前記衛星信号が前

50

記第 1 のレーダ装置に到達するまでの時間の算出に要する時間とを遅延時間を含めて算出し、

前記第 2 の遅延時間算出部は、

前記第 2 の衛星信号受信部が前記衛星の位置の取得に要する時間と、前記衛星信号が前記第 2 のレーダ装置に到達するまでの時間の算出に要する時間とを遅延時間を含めて算出する

ことを特徴とする請求項 1 1 に記載のレーダシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、衛星測位システム等で用いられる衛星が送信する信号に基づいた同期動作をするレーダ装置、及びレーダシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

バスタティック・レーダやマルチスタティック・レーダは、目標物（又は標的）に対して信号を送信する送信側の送信レーダ装置と、目標物（又は標的）より得られる信号を受信する受信側の受信レーダ装置とを異なる場所に設置して運用するレーダシステムである。バスタティック・レーダやマルチスタティック・レーダなどのレーダシステムでは、送信レーダ装置と受信レーダ装置との間における同期の精度がシステム全体の性能に大きく影響する。

【0003】

送信レーダ装置と受信レーダ装置とを同期させるために各装置を接続する配線を設けた場合、レーダシステムの運用や設置が配線の敷設等の制約を受けてしまう。そこで、衛星測位システム（例えば、Global Positioning System: GPS、又はGlobal Navigation Satellite System: GNSS）で用いられている衛星が送信する信号に同期して各装置を動作させる技術が検討されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 06 243632 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、衛星から送信された信号を用いたとしても、レーダシステムの各装置の設置位置によっては同期精度が劣化することがあるという問題があった。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記問題を解決するために、本実施形態のレーダ装置は、衛星信号を受信する衛星信号受信部と、前記衛星信号に関する遅延時間を算出する遅延時間算出部と、前記遅延時間に基づいて、前記衛星信号が衛星から送信されてから所定の時間にトリガ信号を生成するトリガ信号生成部と、前記トリガ信号に基づいて送信波を送信する送信部と、前記送信波に応じて目標物が送信した信号、又は目標物によって反射された前記送信波を受信する受信部と、前記受信部が受信した信号に対して、前記トリガ信号に基づいて受信処理を行う受信信号処理部と、を備えることを特徴とする。

【0007】

また、本実施形態のレーダ装置は、衛星信号を受信する衛星信号受信部と、前記衛星信号に関する遅延時間を算出する遅延時間算出部と、前記遅延時間に基づいて、前記衛星信号が衛星から送信されてから所定の時間にトリガ信号を出力するトリガ信号生成部と、前記トリガ信号に基づいて送信波を送信する送信部と、を備えることを特徴とする。

【0008】

10

20

30

40

50

また、本実施形態のレーダ装置は、衛星信号を受信する衛星信号受信部と、前記衛星信号に関する遅延時間を算出する遅延時間算出部と、前記遅延時間に基づいて、前記衛星信号が衛星から送信されてから所定の時間にトリガ信号を出力するトリガ信号生成部と、他のレーダ装置が送信した送信波に応じて目標物が送信した信号、又は目標物によって反射された該送信波を受信する受信部と、前記受信部が受信した信号に対して、前記トリガ信号に基づいて受信処理を行う受信信号処理部と、を備えることを特徴とする。

【0009】

また、本実施形態のレーダシステムは、第1のレーダ装置と複数の第2のレーダ装置とを具備するレーダシステムであって、前記第1のレーダ装置は、衛星信号を受信する第1の衛星信号受信部と、前記第1の衛星信号受信部が受信した前記衛星信号に関する遅延時間を算出する第1の遅延時間算出部と、前記第1の遅延時間算出部が算出した遅延時間に基づいて、前記衛星信号が衛星から送信されてから所定の時間に第1のトリガ信号を出力する第1のトリガ信号生成部と、前記第1のトリガ信号に基づいて送信波を送信する送信部と、を備え、前記第2のレーダ装置は、衛星信号を受信する第2の衛星信号受信部と、前記第2の衛星信号受信部が受信した前記衛星信号に関する遅延時間を算出する第2の遅延時間算出部と、前記第2の遅延時間算出部が算出した遅延時間に基づいて、前記衛星信号が衛星から送信されてから前記所定の時間に第2のトリガ信号を生成するトリガ信号生成部と、前記送信部が送信した送信波に応じて目標物が送信した信号、又は目標物によって反射された該送信波を受信する受信部と、前記受信部が受信した信号に対して、前記第2のトリガ信号に基づいて受信処理を行う受信信号処理部と、を備えることを特徴とする。

10

20

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明に係る実施形態におけるバイスタティック・レーダシステム1の構成例を示す図である。

【図2】同実施形態におけるレーダ装置10の構成を示す概略ブロック図である。

【図3】同実施形態におけるレーダ信号処理部16の送信処理に係る構成を示す概略ブロック図である。

【図4】同実施形態におけるレーダ信号処理部16の受信処理に係る構成を示す概略ブロック図である。

30

【図5】同実施形態においてレーダ装置10がレーダ信号処理の開始を示すトリガ信号を生成するトリガ生成処理のフローチャートである。

【図6】同実施形態におけるトリガ生成処理における衛星信号の受信、搬送遅延時間、トリガ信号発生等のタイミングを示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を参照して、本発明に係る実施形態におけるレーダ装置、及びレーダシステムを説明する。

図1は、本発明に係る一実施形態におけるバイスタティック・レーダシステム1の構成例を示す図である。バイスタティック・レーダシステム1は、送信局としての送信側レーダ装置10Aと、受信局としての受信側レーダ装置10Bとを具備している。バイスタティック・レーダシステム1では、送信側レーダ装置10Aが送信した送信波のうち目標物で反射された反射波を受信側レーダ装置10Bが受信する。バイスタティック・レーダシステム1は、反射波が受信されるまでに経過した時間や反射波の到来方向等に基づいて目標物の位置等を検出する。

40

【0012】

バイスタティック・レーダシステム1では、送信側レーダ装置10Aと受信側レーダ装置10Bとが、GPS衛星2が送信するGPS信号(衛星信号)を受信し、受信したGPS信号に同期して動作することにより、互いに同期して動作する。送信側レーダ装置10Aと受信側レーダ装置10Bとが同期して動作することにより、送信側レーダ装置10A

50

において送信波が送信されてから、受信側レーダ装置 10 B において反射波が受信されるまでの時間を高い精度で測定することができる。

【0013】

送信側レーダ装置 10 A と受信側レーダ装置 10 B とは、同期の精度を向上させるために、GPS 衛星 2 が送信する衛星信号に基づいて、GPS 衛星 2 の位置を算出し、算出した GPS 衛星 2 の位置と自装置との距離から衛星信号の搬送遅延時間を算出する。送信側レーダ装置 10 A と受信側レーダ装置 10 B とは、算出した搬送遅延時間に基づいて、GPS 衛星 2 が衛星信号を送信したタイミングを算出し、衛星信号が送信されたタイミングから所定の時間が経過した後のタイミングにレーダ信号処理を開始する。すなわち、送信側レーダ装置 10 A と受信側レーダ装置 10 B とは、衛星信号が自装置に到達するまでの搬送遅延時間の差によって生じる同期ずれを補正することにより、同期精度を向上させる。

10

【0014】

以下、送信側レーダ装置 10 A と受信側レーダ装置 10 B との具体的な構成について説明する。なお、送信側レーダ装置 10 A と受信側レーダ装置 10 B とにおいてレーダ信号処理を衛星信号に同期させる機能は同じであるので、送信側レーダ装置 10 A と受信側レーダ装置 10 B とを区別せずにレーダ装置 10 として具体的な構成を説明する。

【0015】

図 2 は、本実施形態におけるレーダ装置 10 の構成を示す概略ブロック図である。レーダ装置 10 は、GPS 衛星 2 が送信する衛星信号を受信し、受信した衛星信号を復調し、復調して得られた情報に基づいて衛星信号に同期したレーダ信号処理を行う。レーダ信号処理は、例えば、送信波を生成し、生成した送信波を送信する処理や、反射波等を受信し、受信した反射波に基づいて目標物の位置を検出する処理などである。レーダ装置 10 は、図 2 に示すように、GPS 空中線 11、GPS 受信部 12、クロック信号生成部 13、タイミング発生部 14、レーダ空中線 15、レーダ信号処理部 16、及び、レーダ制御部 18 を備えている。

20

【0016】

GPS 空中線 11 は、GPS 衛星 2 が送信する衛星信号を受信し、受信した衛星信号を GPS 受信部 12 に供給する。

GPS 受信部 12 は、GPS 空中線 11 を介して得られる衛星信号を復調し、復調して得られた情報に基づいて GPS 衛星 2 の位置及び時刻を算出する。GPS 衛星 2 は、30 秒の 1 フレームを送信する。各フレームの送信は、GPS 時 (GPS Time) において毎正分と毎 30 秒とに開始される。1 フレームは、5 つのサブフレーム (各 6 秒) に分けられている。最初のサブフレームから 3 番目のサブフレームには、GPS 衛星 2 の時計を補正する情報や、GPS 衛星 2 の軌道情報が含まれている。すなわち、1 フレーム中の 1 番目から 3 番目までのサブフレームを受信し、復調することにより、GPS 衛星 2 の位置と、GPS 衛星 2 が有する時計の時刻とを把握することができる。

30

【0017】

クロック信号生成部 13 は、所定の周期のクロック信号を生成し、生成したクロック信号を GPS 受信部 12、タイミング発生部 14、及び、レーダ信号処理部 16 に供給する。

40

タイミング発生部 14 は、クロック信号生成部 13 から供給されるクロック信号に同期して動作する。タイミング発生部 14 は、GPS 受信部 12 が算出した GPS 衛星 2 の位置に基づいて、レーダ信号処理を開始するトリガとなるトリガ信号を生成する。タイミング発生部 14 は、生成したトリガ信号をレーダ信号処理部 16 に出力する。タイミング発生部 14 は、搬送遅延時間算出部 141 と、トリガ信号生成部 142 とを有している。

【0018】

搬送遅延時間算出部 141 は、GPS 受信部 12 が算出した GPS 衛星 2 の位置と自装置の位置とから、GPS 衛星 2 から自装置に衛星信号が到達するまでに要する時間である搬送遅延時間を算出する。自装置の位置は、複数の GPS 衛星 2 から受信する衛星信号に

50

基づいて予め算出し、搬送遅延時間算出部 141 が記憶するようにしてもよいし、レーダ装置 10 の運用を開始する際にユーザが入力し、搬送遅延時間算出部 141 が記憶するようにしてもよい。

トリガ信号生成部 142 は、搬送遅延時間算出部 141 が算出した搬送遅延時間と、衛星信号を受信してから搬送遅延時間を算出するまでに要する演算時間と、3 サブフレーム分の時間 (3 × 6 秒) とから、GPS 衛星 2 がフレームの送信を開始してから経過した経過時間を算出する。トリガ信号生成部 142 は、算出した現在時刻から、予め定められているタイミングであってレーダ信号処理を開始するタイミングまで時間をカウントし、当該タイミングになるとトリガ信号をレーダ信号処理部 16 に出力する。

【0019】

なお、演算時間は、クロック信号の周期と、衛星信号を復調してから GPS 衛星 2 の位置及び伝搬遅延時間の算出に要する演算量とに基づいて予め算出することができる。また、レーダ信号処理を開始するタイミングは、例えば、GPS 衛星 2 がフレームの送信を開始した時刻から 20 秒後として予め定められてもよい。また、レーダ信号処理を開始するタイミングは、衛星の位置を取得するために衛星信号を受信する時間や、衛星信号を復調する時間、レーダ装置 10 の演算処理能力等に基づいて定められてもよい。

【0020】

レーダ空中線 15 は、レーダ装置 10 が送信側である場合、レーダ信号処理部 16 が生成した送信波を送出する。レーダ空中線 15 は、レーダ装置 10 が受信側である場合、反射波等を受信してレーダ信号処理部 16 に供給する。

レーダ信号処理部 16 は、タイミング発生部 14 からトリガ信号が入力されると、クロック信号生成部 13 から供給されるクロック信号に同期して動作する。レーダ信号処理部 16 は、レーダ装置 10 が送信側である場合、トリガ信号に同期して送信波を送信する送信タイミングをスケジューリングし、当該スケジューリングに合わせて送信波をレーダ空中線 15 に出力する。また、レーダ信号処理部 16 は、レーダ装置 10 が受信側である場合、トリガ信号が入力されると、レーダ空中線 15 から供給される反射波等を含む受信信号に対する受信信号処理を開始し、受信信号処理により得られた目標物の位置等を推定する。レーダ信号処理部 16 は、推定した目標物の位置等を示す目標情報をレーダ制御部 18 に出力する。

【0021】

レーダ制御部 18 は、レーダ信号処理部 16 に対する監視と制御を行う。また、レーダ制御部 18 は、レーダ信号処理部 16 が出力する目標情報に基づいた、目標物の検出等の情報を含むレポート情報の生成や、目標物の位置や移動の状況を表示装置等に出力する。

また、パイスタティック・レーダシステム 1 におけるレーダ装置 10 のいずれかのレーダ制御部 18 は、各レーダ装置 10 が受信可能な衛星信号を送信している GPS 衛星 2 のうち、いずれか一つの GPS 衛星 2 を選択する。当該レーダ制御部 18 は、選択した GPS 衛星 2 を識別する識別情報 (例えば、PRN 番号) を他のレーダ装置 10 のレーダ制御部 18 に通知する。

【0022】

選択された GPS 衛星 2 が送信する衛星信号が、各レーダ装置 10 を同期させる際に用いられる。他のレーダ装置 10 に対する識別情報の通知は、無線通信によって行われるようにしてもよいし、有線通信によって行われるようにしてもよい。

また、複数の GPS 衛星 2 からいずれか一つの GPS 衛星 2 を選択する際の基準としては、例えば、各レーダ装置 10 における衛星信号の受信レベルが所定の閾値を超えていることなどを用いる。

なお、GPS 衛星 2 の軌道は、予め把握することができるので、各レーダ装置 10 が受信可能な衛星信号を送信する GPS 衛星 2 の識別情報を時刻に対応付けてレーダ制御部 18 に記憶させておいてもよい。

【0023】

図 3 は、本実施形態におけるレーダ信号処理部 16 の送信処理に係る構成を示す概略ブ

10

20

30

40

50

ロック図である。同図は、クロック分配から見た、送信処理に係る構成の概略ブロック図である。レーダ信号処理部 16 は、同図に示すように、ローカル信号発生器 161、周波数変換器 162、IF (Intermediate Frequency; 中間周波数) 信号生成部 163、D/A (Digital/Analog; デジタル/アナログ) 変換部 164、ミキサ 165、バンドパスフィルタ 166、及び、パワーアンプ (Power Amplifier; PA) 167 を有している。

【0024】

ローカル信号発生器 161 は、入力されるクロック信号に基づいて、送信波の搬送波周波数を有するローカル発振信号を生成する。ローカル信号発生器 161 は、生成したローカル発振信号をミキサ 165 に出力する。

周波数変換器 162 は、入力されるクロック信号に対して周波数変換を行い、周波数変換により得られた信号を IF 信号生成部 163 と D/A 変換部 164 とに出力する。

【0025】

IF 信号生成部 163 は、周波数変換器 162 が出力する信号に基づいて、中間周波数帯における送信波のデジタル信号を生成する。IF 信号生成部 163 は生成した送信波のデジタル信号を D/A 変換部 164 に出力する。

D/A 変換部 164 は、周波数変換器 162 が出力する信号に基づいて、IF 信号生成部 163 から出力される送信波のデジタル信号をアナログ信号に変換する。D/A 変換部 164 は、アナログ信号の送信波をミキサ 165 に出力する。

【0026】

ミキサ 165 は、ローカル信号発生器 161 が出力するローカル発振信号と、D/A 変換部 164 が出力するアナログ信号の送信波とを混合し、送信波を搬送波周波数帯域の信号にアップコンバートする。ミキサ 165 は、アップコンバートした送信波をバンドパスフィルタ 166 に出力する。

【0027】

バンドパスフィルタ 166 は、ミキサ 165 が出力する送信波に含まれるスプリアス等の不要な周波数帯域の成分を除去してパワーアンプ 167 に出力する。

パワーアンプ 167 は、バンドパスフィルタ 166 が出力する送信波であって不要な成分が除去された送信波を所定の電力に増幅し、増幅した送信波をレーダ空中線 15 を介して送信する。

【0028】

図 4 は、本実施形態におけるレーダ信号処理部 16 の受信処理に係る構成を示す概略ブロック図である。同図は、クロック分配から見た、受信処理に係る構成の概略ブロック図である。レーダ信号処理部 16 は、同図に示すように、ローカル信号発生部 171、周波数変換器 172、バンドパスフィルタ 173、ローノイズアンプ (Low Noise Amplifier; LNA) 174、ミキサ 175、A/D (Analog/Digital; アナログ/デジタル) 変換部 176、及び、受信信号処理部 177 を有している。

【0029】

ローカル信号発生部 171 は、入力されるクロック信号に基づいて、検出対象とする反射波等の周波数に応じたローカル発振信号を生成する。ローカル信号発生部 171 は、生成したローカル発振信号をミキサ 175 に出力する。ローカル発振信号の周波数は、例えば、送信波が目標物で反射した反射波を受信の対象とする場合には、送信波の搬送波周波数を用いる。

周波数変換器 172 は、入力されるクロック信号に対して周波数変換を行い、周波数変換により得られた信号を A/D 変換部 176 と受信信号処理部 177 とに出力する。

【0030】

バンドパスフィルタ 173 は、レーダ空中線 15 が受信した反射波等の信号に含まれる周波数成分のうち予め定められた周波数帯域の成分を抽出する。バンドパスフィルタ 173 は、抽出した成分を含む信号をローノイズアンプ 174 に出力する。

ローノイズアンプ 174 は、バンドパスフィルタ 173 が出力する信号を増幅し、増幅した信号をミキサ 175 に出力する。

10

20

30

40

50

ミキサ 175 は、ローカル信号発生部 171 が出力するローカル発振信号と、ローノイズアンプ 174 が出力する信号とを混合し、該信号をダウンコンバートする。ミキサ 175 はダウンコンバートした信号を A/D 変換部 176 に出力する。

【0031】

A/D 変換部 176 は、周波数変換器 172 が出力する信号に基づいてサンプリングを行うことにより、ミキサ 175 から出力される信号をアナログ信号からデジタル信号に変換する。A/D 変換部 176 は、変換により得られたデジタル信号を受信信号処理部 177 に出力する。

受信信号処理部 177 は、トリガ信号が入力されると、A/D 変換部 176 から出力されるデジタル信号に基づいて目標物が存在するか否かを判定する。また、受信信号処理部 177 は、目標物が存在すると判定した場合、A/D 変換部 176 から出力されるデジタル信号に基づいて更に目標物の位置や大きさ、移動方向などの情報を推定する。受信信号処理部 177 は、目標物の有無、目標物の位置や大きさ、移動方向などの情報を含む目標物情報をレーダ制御部 18 に出力する。また、受信信号処理部 177 は、周波数変換器 172 が出力する信号に同期して動作する。

10

【0032】

図 3 においてレーダ信号処理部 16 の送信処理に係る構成を説明し、図 4 においてレーダ信号処理部 16 の受信処理に係る構成を説明したが、レーダ装置 10 が他のレーダ装置 10 が送信した送信波に応じて動作する場合には、レーダ信号処理部 16 は送信処理に係る構成を有していなくてもよい。また、レーダ装置 10 が受信処理を行わない場合には、レーダ信号処理部 16 は受信処理に係る構成を有していなくてもよい。

20

【0033】

図 5 は、本実施形態においてレーダ装置 10 がレーダ信号処理の開始を示すトリガ信号を生成するトリガ生成処理のフローチャートである。

レーダ装置 10 においてトリガ生成処理が開始されると、GPS 受信部 12 は、レーダ制御部 18 から指定された GPS 衛星 2 から送信される衛星信号を受信し、受信した衛星信号 (3 サブフレーム分) を復調して GPS 衛星 2 の軌道情報 (軌道パラメータ) を取得する (ステップ S11)。

【0034】

搬送遅延時間算出部 141 は、GPS 受信部 12 が取得した軌道情報から GPS 衛星 2 の位置を算出する (ステップ S12)。

30

搬送遅延時間算出部 141 は、算出した GPS 衛星 2 の位置と自装置の位置とから GPS 衛星 2 と自装置との間の距離を算出する。搬送遅延時間算出部 141 は、算出した距離に基づいて、GPS 衛星 2 が送信した衛星信号が自装置に到達するまでに要する時間、すなわち搬送遅延時間を算出する (ステップ S13)。

【0035】

トリガ信号生成部 142 は、搬送遅延時間算出部 141 が搬送遅延時間を算出した際に要した演算時間と、搬送遅延時間算出部 141 が算出した搬送遅延時間とから、レーダ信号処理を開始するタイミングまでの調整時間を算出する (ステップ S14)。

トリガ信号生成部 142 は、入力されるクロック信号に基づいて調整時間をカウントし、レーダ信号処理を開始するタイミングが到来するとトリガ信号を生成してレーダ信号処理部 16 に出力し (ステップ S15)、トリガ生成処理を終了する。

40

【0036】

上述のように、搬送遅延時間算出部 141 が GPS 衛星 2 と自装置との距離から搬送遅延時間を算出することで、GPS 衛星 2 が衛星信号の送信を開始したタイミング、より具体的には各フレームにおける 1 番目のサブフレームの送信を開始したタイミングを精度よく把握することができる。トリガ信号生成部 142 が 1 番目のサブフレームの送信を開始したタイミングを基準にして定められたタイミング (例えば、20 秒後) にトリガ信号を生成するようにしている。これにより、各レーダ装置 10 は、それぞれが配置されている位置や選択する GPS 衛星 2 の位置に応じて生じる搬送遅延時間のばらつきに影響される

50

ことなく、同じタイミングでレーダ信号処理を開始することができ、同期精度を向上させることができる。また、このようなレーダ装置 10 を複数具備するレーダシステムでは、各レーダ装置 10 を高精度に同期させて目標物の検出等を行うことができ、目標物の検出や目標物の位置等を把握する性能を向上させることができる。

【0037】

図 6 は、本実施形態におけるトリガ生成処理における衛星信号の受信、搬送遅延時間、トリガ信号発生等のタイミングを示す概略図である。同図において、横軸は時間を表している。同図においては、GPS 衛星 2 が 1 番目のサブフレームの送信を開始した時刻 (T_0) を基準として、20 秒後にレーダ装置 10 がレーダ信号処理を開始する例を示している。すなわち、時刻 T_0 の 20 秒後にレーダ装置 10 においてトリガ信号が生成される例を示している。

10

【0038】

時刻 T_0 において、GPS 衛星 2 が衛星信号 (サブフレーム 1 ~ 5) の送信を開始し、搬送遅延時間が経過した後の時刻 T'_0 においてレーダ装置 10 が衛星信号の受信を開始する。

時刻 T_1 において、レーダ装置 10 が GPS 衛星 2 の位置を算出するために必要な情報 (サブフレーム 1 ~ 3) の受信を完了し、搬送遅延時間及び調整時間の算出を開始する。

時刻 T_2 において、レーダ装置 10 が調整時間の算出を完了し、算出した調整時間をカウントする。

時刻 T_3 において、レーダ装置 10 が調整時間のカウントを完了するとトリガ信号を生成して、レーダ信号処理を開始する。このとき、調整時間のカウントが完了するタイミングは、GPS 衛星 2 が衛星信号の送信を開始してから 20 秒後であり、各レーダ装置 10 が同じタイミングでレーダ信号処理を開始することができる。

20

【0039】

このように、本実施形態におけるバイスタティック・レーダシステム 1 が具備する各レーダ装置 10 は、GPS 衛星 2 から送信される衛星信号と、自装置と GPS 衛星 2 との距離から算出する搬送遅延時間とに基づいて、レーダ信号処理を開始するタイミングを定めることにより、高い精度で同期動作をすることができる。その結果、バイスタティック・レーダシステム 1 全体の精度を向上させることができ、目標物の検出や目標物の位置等を把握する性能を向上させることができる。

30

【0040】

なお、本発明におけるレーダ装置の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによりトリガ生成処理を行ってもよい。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OS や周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータシステム」は、ホームページ提供環境 (あるいは表示環境) を備えた WWW システムも含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM 等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。更に「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムが送信された場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリ (RAM) のように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。

40

【0041】

また、上記プログラムは、このプログラムを記憶装置等に格納したコンピュータシステムから、伝送媒体を介して、あるいは、伝送媒体中の伝送波により他のコンピュータシステムに伝送されてもよい。ここで、プログラムを伝送する「伝送媒体」は、インターネット等のネットワーク (通信網) や電話回線等の通信回線 (通信線) のように情報を伝送する機能を有する媒体のことをいう。また、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。更に、前述した機能をコンピュータシステムに既に記録

50

されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であっても良い。

【0042】

なお、上記の実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

例えば、上述の実施形態ではパイスタティック・レーダシステムを例にして説明したが、3つ以上のレーダ装置を具備するマルチスタティック・レーダシステムであってもよい。また、パイスタティック・レーダシステム1が具備するレーダ装置10は、送信側レーダ装置10Aと受信側レーダ装置10Bとである場合について説明したが、一方が送信波の送信と反射波の受信とを行うレーダ装置10とし、他方が反射波の受信を行うレーダ装置10としてもよい。また、パイスタティック・レーダシステム1は、一次監視レーダ（Primary Surveillance Radar：PSR）であってもよいし、二次監視レーダ（Secondary Surveillance Rader：SSR）であってもよい。二次監視レーダである場合には、受信側レーダ装置10Bは、送信波を受信した目標物が送信した信号を受信することになる。

10

【0043】

また、上記の実施形態では、選択したGPS衛星2がフレームの送信を開始した時刻（タイミング）を基準にして所定の時間が経過したタイミングでレーダ信号処理を開始する構成を例にして説明した。しかし、これに限ることなく、衛星信号に含まれる時刻の情報に基づいて、基準とするフレームを選択するようにしてもよい。GPS衛星2は毎正分と毎30秒とにフレームの送信を開始しているが、衛星信号に含まれる時刻の情報に基づいて、基準とする衛星信号を選択することにより、レーダ信号処理を開始する間隔を1分間隔や、5分間隔などというように設定することが可能となる。

20

【0044】

また、クロック信号生成部13は衛星信号の搬送波に同期したクロック信号を生成するようにしてもよい。これにより、各レーダ装置10における各機能部の処理を、衛星信号の搬送波に同期させることができ、各レーダ装置10の動作をより高精度に同期させることができる。

30

【符号の説明】

【0045】

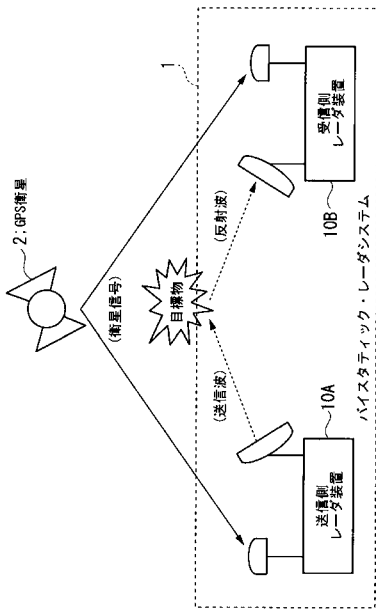
- 1 パイスタティック・レーダシステム
- 2 GPS衛星
- 10 レーダ装置
- 10A 送信側レーダ装置
- 10B 受信側レーダ装置
- 11 GPS空中線
- 12 GPS受信部
- 13 クロック信号生成部
- 14 タイミング発生部
- 15 レーダ空中線
- 16 レーダ信号処理部
- 18 レーダ制御部
- 141 搬送遅延時間算出部
- 142 トリガ信号生成部
- 161 ローカル信号発生器
- 162 周波数変換器
- 163 信号生成部
- 164 変換部

40

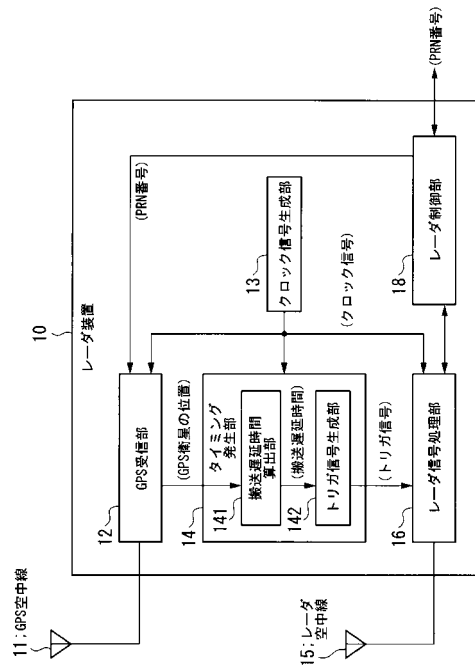
50

- 1 6 5 ミキサ
- 1 6 6 バンドパスフィルタ
- 1 6 7 パワーアンプ
- 1 7 1 ローカル信号発生部
- 1 7 2 周波数変換器
- 1 7 3 バンドパスフィルタ
- 1 7 4 ローノイズアンプ
- 1 7 5 ミキサ
- 1 7 6 変換部
- 1 7 7 受信信号処理部

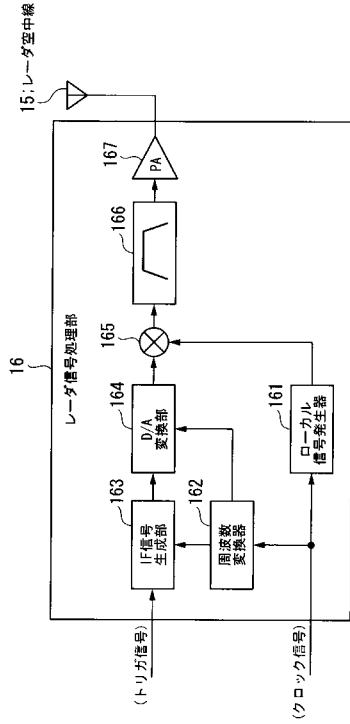
【 図 1 】



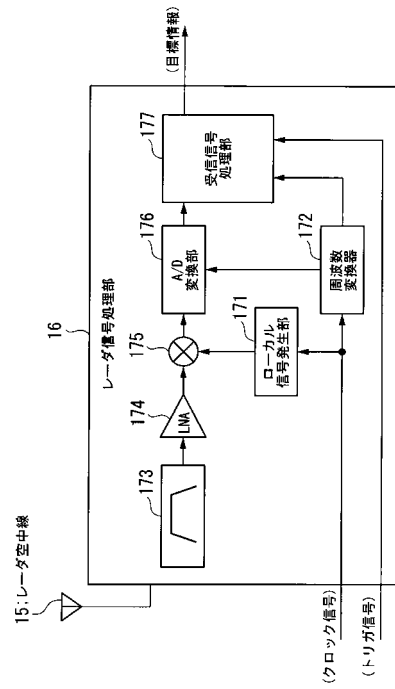
【 図 2 】



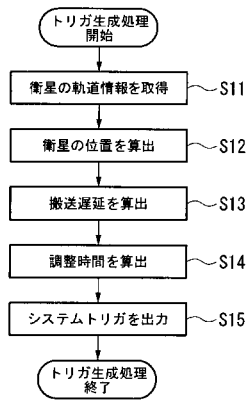
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

