

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6785247号
(P6785247)

(45) 発行日 令和2年11月18日(2020.11.18)

(24) 登録日 令和2年10月28日(2020.10.28)

(51) Int.Cl.

G O 1 S 13/34 (2006.01)

F 1

G O 1 S 13/34

請求項の数 20 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2017-557911 (P2017-557911)
 (86) (22) 出願日 平成28年5月5日 (2016.5.5)
 (65) 公表番号 特表2018-514776 (P2018-514776A)
 (43) 公表日 平成30年6月7日 (2018.6.7)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2016/031037
 (87) 國際公開番号 WO2016/179421
 (87) 國際公開日 平成28年11月10日 (2016.11.10)
 審査請求日 令和1年5月2日 (2019.5.2)
 (31) 優先権主張番号 14/704,868
 (32) 優先日 平成27年5月5日 (2015.5.5)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73) 特許権者 390020248
日本テキサス・インスツルメンツ合同会社
東京都新宿区西新宿六丁目24番1号
(73) 特許権者 507107291
テキサス インスツルメンツ インコーポ
レイテッド
アメリカ合衆国 テキサス州 75265
-5474 ダラス メイル ステイショ
ン 3999 ピーオーボックス 655
474
(74) 上記1名の代理人 100098497
弁理士 片寄 恒三

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 FMCWレーダーシステムにおけるチャーブの動的プログラミング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

周波数変調連続波(FMCW)レーダーシステムであって、
 チャーブのフレームの各チャーブに対するチャーブプロファイルをストアするように構成されるチャーブプロファイルストレージ構成要素であって、各チャーブプロファイルがパラメータのそれぞれのセットを含む、前記チャーブプロファイルストレージ構成要素と、
 複数のチャーブプロファイルバッファであって、各チャーブプロファイルバッファが複数のレジスタを含む、前記複数のチャーブプロファイルバッファと、

前記チャーブプロファイルストレージ構成要素に結合され、各チャーブプロファイルを前記複数のチャーブプロファイルストレージ構成要素のそれぞれのレジスタにラウンドロビン(round robin)順にマッピングするように構成されるパラメータマッピング構成要素と、

各チャーブを生成するために制御信号を提供するように、前記FMCWレーダーからの前記チャーブのフレームの伝送の間に、伝送順に前記複数のチャーブプロファイルバッファから各チャーブプロファイルを受け取るように構成されるタイミング回路と、

を含む、FMCWレーダーシステム。

【請求項2】

請求項1に記載のFMCWレーダーシステムであって、

前記パラメータのそれぞれのセットが、前記タイミング回路の少なくとも1つのタイミ

10

20

ング制御アクションに関連付けられるタイミングパラメータを含む、FMCWレーダーシステム。

【請求項3】

請求項1に記載のFMCWレーダーシステムであって、

前記パラメータマッピング構成要素が、チャーププロファイルのチャープタイミングパラメータをマッピングするために前記複数のチャーププロファイルバッファからチャーププロファイルバッファを選択するように構成され、

チャーププロファイルバッファ選択が、ラウンドロビン順とプログラム可能順とから成るグループから選択される順である、FMCWレーダーシステム。

【請求項4】

請求項1に記載のFMCWレーダーシステムであって、

前記タイミング回路が、

前記各チャーププロファイルを受け取るように結合される有限状態機械と、

前記有限状態機械から前記各チャーププロファイルの複数のタイミングパラメータを順次に生成するように構成されるカウンタと、

を含む、FMCWレーダーシステム。

【請求項5】

請求項1に記載のFMCWレーダーシステムであって、

前記タイミング回路が、チャープを生成するために制御信号を提供するように前記複数のチャーププロファイルバッファの第2のチャーププロファイルバッファを用いる一方で、前記パラメータマッピング構成要素が、チャーププロファイルにおける複数のチャープタイミングパラメータを前記複数のチャーププロファイルバッファの第1のチャーププロファイルバッファにおけるレジスタにマッピングするように構成される、FMCWレーダーシステム。

【請求項6】

請求項1に記載のFMCWレーダーシステムであって、

前記タイミング回路から前記制御信号を受け取るように結合されるトランシーバと、

前記各チャープに対するFMCW信号を前記トランシーバに適用するように構成される周波数シンセサイザと、

を更に含む、FMCWレーダーシステム。

【請求項7】

請求項1に記載のFMCWレーダーシステムであって、

各チャーププロファイルが、それぞれの初期周波数と周波数ランプスロープとを含む、FMCWレーダーシステム。

【請求項8】

周波数変調連続波(FMCW)レーダーシステムにおけるチャープのフレームにおいてチャープをプログラミングするための方法であって、

前記チャープのフレームの伝送の間に伝送順に前記FMCWレーダーシステムのタイミングエンジンにおける前記チャープのフレームにおける各チャープに対するチャーププロファイルを受け取ることであって、各チャーププロファイルが前記FMCWレーダーシステムにおけるチャーププロファイルストレージ構成要素から受信される、前記受け取ること、

複数のチャーププロファイルバッファから選択されたチャーププロファイルバッファにおけるそれぞれのレジスタに各チャーププロファイルのチャープタイミングパラメータをラウンドロビン順にマッピングすること、

前記タイミングエンジンにより、対応するチャープを生成するために各チャーププロファイルを用いること、

を含む、方法。

【請求項9】

請求項8に記載の方法であって、

10

20

30

40

50

チャーブタイミングパラメータの各セットが、前記タイミングエンジンの少なくとも1つのタイミング制御アクションに関連付けられる、方法。

【請求項 1 0】

請求項 8 に記載の方法であって、

有限状態機械により前記それぞれのレジスタからの前記各チャーブプロファイルを選択することと、

カウンタに応答して前記有限状態機械から前記各チャーブプロファイルの前記チャーブタイミングパラメータを順次に生成することと、

を更に含む、方法。

【請求項 1 1】

10

請求項 8 に記載の方法であって、

チャーブプロファイルバッファが、ラウンドロビン順とプログラム可能順とから成るグループから選択される順で前記複数のチャーブプロファイルバッファから選択される、方法。

【請求項 1 2】

請求項 8 に記載の方法であって、

前記タイミングエンジンが、チャーブを構成するために前記複数のチャーブプロファイルバッファの第 2 のチャーブプロファイルバッファを用いる一方で、受け取られたチャーブプロファイルのチャーブタイミングパラメータが、前記複数のチャーブプロファイルバッファの第 1 のチャーブプロファイルバッファにおけるレジスタにマッピングされる、方法。

20

【請求項 1 3】

請求項 8 に記載の方法であって、

前記対応するチャーブを構成するために前記各チャーブプロファイルに応答して前記タイミングエンジンからの制御信号をトランシーバに適用することを更に含む、方法。

【請求項 1 4】

請求項 8 に記載の方法であって、

前記各チャーブプロファイルが、それぞれの初期周波数と周波数ランプスロープとを含む、方法。

【請求項 1 5】

30

周波数変調連続波 (F M C W) レーダーシステムであって、

チャーブのフレームを送信するように構成されるレーダートランシーバであって、前記チャーブのフレームにおける各チャーブが、それぞれのパラメータを含むそれぞれのチャーブプロファイルに基づいて生成される、前記レーダートランシーバと、

複数のチャーブプロファイルバッファであって、各チャーブプロファイルバッファが複数のレジスタを含む、前記複数のチャーブプロファイルバッファと、

各チャーブプロファイルを受け取るように結合され、前記各チャーブプロファイルにおけるチャーブタイミングパラメータのセットを前記複数のチャーブプロファイルバッファのそれぞれのチャーブプロファイルバッファのレジスタにラウンドロビン順にマッピングするように構成されるパラメータマッピング構成要素と、

40

各チャーブに対する前記それぞれのチャーブプロファイルを前記パラメータマッピング構成要素に提供するように構成される処理ユニットと、

を含む、 F M C W レーダーシステム。

【請求項 1 6】

請求項 1 5 に記載の F M C W レーダーシステムであって、

前記処理ユニットに結合され、前記チャーブのフレームに対する前記チャーブプロファイルをストアするように構成されるチャーブプロファイルストレージ構成要素を更に含む、 F M C W レーダーシステム。

【請求項 1 7】

請求項 1 5 に記載の F M C W レーダーシステムであって、

50

前記それぞれのパラメータが、それぞれのチャーブの少なくとも1つのタイミング制御アクションに関連付けられるタイミングパラメータを含む、FMCWレーダーシステム。

【請求項18】

請求項15に記載のFMCWレーダーシステムであって、

各チャーブに対するFMCW信号を前記レーダートランシーバに適用するように構成される周波数シンセサイザを更に含む、FMCWレーダーシステム。

【請求項19】

請求項15に記載のFMCWレーダーシステムであって、

前記パラメータマッピング構成要素が、チャーブプロファイルのチャーブタイミングパラメータをマッピングするために前記複数のチャーブプロファイルバッファからチャーブプロファイルバッファを選択するように構成され、

チャーブプロファイルバッファ選択が、ラウンドロビン順とプログラム可能順とから成るグループから選択される順である、FMCWレーダーシステム。

【請求項20】

請求項15に記載のFMCWレーダーシステムであって、

前記各チャーブプロファイルがそれぞれの初期周波数と周波数ランプスロープとを含む、FMCWレーダーシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本願は、概して、周波数変調連続波(FMCW)レーダーシステムに関し、更に特定して言えば、FMCWレーダーシステムにおいてチャーブを動的にプログラミングすることに関連する。

【背景技術】

【0002】

周波数変調連続波(FMCW)オートモーティブレーダーシステムは、通常、チャーブと称される、パラメータ化された周波数変調信号を送信及び受信する。オートモーティブレーダーシステムの典型的な応用例は、レーダーシステムが、「バースト」又はチャーブのシーケンス(これは、「フレーム」と称され得る)をチャーブ間の最小時間ギャップで送信することを要する。プログラム可能デジタルタイミングエンジンが、送信されたチャーブを構成する。典型的に、送信されるチャーブのパラメータ値は、ソフトウェアプログラムにより、タイミングエンジンにおけるパラメータレジスタのセットに書き込まれる。ソフトウェアレイテンシに起因して、チャーブパラメータは、フレームに対して固定であり得、そのため、チャーブパラメータは、フレームの始まりにおいてプログラムされ、タイミングエンジンは、これらのパラメータを用いてフレームにおける各チャーブを構成する。

20

【0003】

幾つかのレーダーシステムは、パラメータレジスタの2つのセットを有し得る。このようなシステムにおいて、ソフトウェアは、チャーブの2つの異なるタイプを事前構成するためレジスタの両方のセットをプログラムし得る。その後、フレームの間に送信されるチャーブのシーケンスが、カウンタの値に基づいて選択される。例えば、2つの事前構成されたチャーブは、カウンタ値が偶数であるか又は奇数であるかに基づいて交互に送信され得る。

30

【発明の概要】

【0004】

周波数変調連続波(FMCW)レーダーシステムにおけるチャーブの動的プログラミングのための方法及び装置の記載される例において、FMCWレーダーシステムが、チャーブのフレームの各チャーブチャーブに対するプロファイルをストアするように構成されるチャーブプロファイルストレージ構成要素と、チャーブのフレームの伝送の間に伝送順に各チャーブプロファイルを受け取るようにチャーブプロファイルストレージ構成要素に結

40

50

合されるタイミングエンジンとを含む。タイミングエンジンは、対応するチャーブを構成するために各チャーブプロファイルを用いる。

【0005】

一つの態様において、周波数変調連続波（FMCW）レーダーシステムにおけるチャーブのフレームにおいてチャーブをプログラミングするための方法が、チャーブのフレームの伝送の間に伝送順にFMCWレーダーシステムのタイミングエンジンにおけるチャーブのフレームにおける各チャーブチャーブに対するプロファイルを受け取ることであって、各チャーブプロファイルがFMCWレーダーシステムにおけるチャーブプロファイルストレージ構成要素から受信されること、及び、タイミングエンジンにより、対応するチャーブを構成するために各チャーブプロファイルを用いることを含む。

10

【0006】

一つの態様において、周波数変調連続波（FMCW）レーダーシステムが、チャーブのフレームを送信するように構成されるレーダーフロントエンドであって、チャーブのフレームにおける各チャーブが、チャーブに対応するチャーブプロファイルに基づいて構成され、チャーブのフレームにおける各チャーブが、個別の対応するチャーブプロファイルを有する、レーダーフロントエンドと、各チャーブチャーブに対するプロファイルを伝送順にレーダーフロントエンドに提供するためレーダーフロントエンドに結合される処理ユニットとを含む。

【図面の簡単な説明】

【0007】

20

【図1】周波数変調連続波（FMCW）レーダーの動作を図示する例である。

【図2】FMCWレーダーの動作を図示する例である。

【図3】FMCWレーダーの動作を図示する例である。

【図4】FMCWレーダーの動作を図示する例である。

【0008】

【図5】幾つかの例示のチャーブ構成を図示する。

【0009】

【図6】単一のフレームにおいて複数のチャーブプロファイルを用いるように構成される例示のFMCWレーダーシステムのブロック図である。

【0010】

30

【図7】ラウンドロビン（round robin）チャーブプロファイルバッファ管理を図示する例である。

【図8】ラウンドロビンチャーブプロファイルバッファ管理を図示する例である。

【0011】

【図9】6つの時間インターバルに分割されるチャーブのタイミングサイクルを図示する例である。

【0012】

【図10】チャーブプロファイルを用いて動作するように構成される例示のタイミングエンジンのブロック図である。

【0013】

40

【図11】図10のタイミングエンジンの有限状態機械のタイミング制御を図示する例である。

【0014】

【図12】FMCWレーダーシステムにおいてチャーブのフレームにおけるチャーブをプログラミングするための方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0015】

一貫性を保つため、種々の図面において同様の要素は同様の参照符号で示している。

【0016】

図1～図4は、周波数変調連続波（FMCW）レーダーシステムの動作を図示するシ

50

フルな例である。図 1 及び図 2 に図示するように、FMCWレーダーシステムにおいて、周波数ランプ（チャーブと称されることもある）が、送信アンテナを介して送信される。例えば、FMCWレーダーが、77GHzから81GHzまでランプする4ギガヘルツ（GHz）帯域幅のチャーブを送信し得る。レーダーの前のシーンから反射されるコンポジット無線周波数（RF）信号が、そのシーンにおけるオブジェクトのレンジ、速度、及び角度（複数の受信アンテナが存在する場合）を抽出するために、受信アンテナにより受け取られ、処理される。

【0017】

複数の連続的なチャーブは、通常、フレームと称される単位で送信される。図3に図示するように、FMCWレーダーシステムのレーダーフロントエンドにおけるシンセサイザー及びタイミングエンジンが、送信されるべきチャーブ信号を生成するように動作する。タイミングエンジンは、チャーブパラメータレジスタにストアされたチャーブパラメータ値に基づいてチャーブに対する制御／構成信号を生成し、所望のチャーブ構成に従ってシンセサイザーをプログラムする。タイミングエンジン及びチャーブパラメータレジスタは、シリアル・ペリフェラル・インターフェース（SPI）を介して処理ユニットにより構成される。

【0018】

図4は、幾つかの例示のチャーブパラメータを図示する。通常、チャーブは、レーダー用途のタイプ（短距離、中距離、又は長距離レーダーなど）、所望のレンジ解像度、及び速度解像度に基づいて構成される。チャーブに対するパラメータは、開始周波数、開始時間、ランプ勾配、及び帯域幅を含み得る。

【0019】

上述したように、従来の幾つかのレーダーシステムにおいて、パラメータレジスタの1つ又は2つのセットが、所望のチャーブ構成に基づいてプログラムされる。パラメータレジスタの一つのセットがプログラムされる場合、同じチャーブ構成が、フレームにおける全てのチャーブに用いられる。パラメータレジスタの2つのセットがプログラムされる場合、カウンタの値に基づいてフレームにおける2つのチャーブ構成が用いられ得る。図5は、用いられ得る幾つかの例示のチャーブ構成を図示する。チャーブ構成1は、オブジェクトの到来の距離、速度、及び角度を捕捉するために複数回反復され得る帯域幅B1での例示のチャーブを図示する。チャーブ構成2は、構成1より高い帯域幅B2を有するチャーブを図示し、これは、一層高い範囲解像度でより近い物体を検出するために一層高い精度を提供する。チャーブ構成3は、より高い帯域幅B2、及び先の2つの構成よりも速いチャーブレートを有するチャーブを図示し、これは、オブジェクトに対する一層良好な速度解像度を提供する。チャーブ構成4は、負の勾配のチャーブを図示する。チャーブ構成5は、遅い勾配チャーブに対する構成を図示し、これは、構成2及び3に比して劣った範囲解像度で一層長い距離情報を提供する。

【0020】

従来のアプローチにおいて、異なるフレームにおいてこれらのようなチャーブ構成が適用され得、この適用は、必要とされる情報を抽出するために複数のフレームを用いることにより生じる遅延のため、レーダーの視野内のオブジェクトについての重要な情報の喪失となり得る。例示の実施例は、単一のフレームにおいて複数のチャーブプロファイルを用いることを提供し、これ（プロファイルの適切な組み合わせを備える）は、オブジェクト情報を抽出するために必要とされる時間を低減し得る。これを達成するために、タイミングエンジンにより用いられるチャーブパラメータレジスタが、或るフレームにおけるチャーブからチャーブまでリアルタイムで構成される。幾つかの実施例において、レーダーシステム（フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）又はマイクロコントローラ（MCU）など）におけるチャーブ処理ユニットが、チャーブのフレームにおける各チャーブに対するチャーブタイミングパラメータ（即ち、チャーブプロファイル）をストアする。更に、チャーブ処理ユニットは、各チャーブに対するチャーブプロファイルを、チャーブのフレームの伝送の間、リアルタイムでタイミングエンジンに搬送する。付加的なパ

10

20

30

40

50

ラメータ（即ち、状態構成パラメータ）が、チャーブのフレームの伝送のためのレーダーフロントエンドの種々の構成要素を構成するためにタイミングエンジンにも提供される。

【0021】

図6は、単一のフレームにおいて複数のチャーブプロファイルを用いるように構成される例示のFMCWレーダーシステムのハイレベルブロック図である。この例示のFMCWレーダーシステム600は、FMCWレーダーフロントエンド604、チャーブ処理ユニット602、処理ユニット606、及び外部メモリ610、及びネットワークインターフェース608を含む。レーダーフロントエンド604は、チャーブのフレームを送信及び受信する機能性を含む。例えば、この機能性は、一つ又は複数のトランスマッタ、一つ又は複数のレシーバ、タイミングエンジン、周波数シンセサイザー、及び二つ又はそれ以上のチャーブプロファイルバッファに対するストレージ（レジスタなど）を含み得る。レーダーフロントエンド604はまた、処理ユニット606及びチャーブ処理ユニット602からデータを受け取るため及び処理ユニット606及びチャーブ処理ユニット602へデータを送信するための適切な一つ又は複数のインターフェースを含み得る。インターフェースは、例えば、高速シリアルインターフェース（低電圧差動信号（LVDS）インターフェースなど）又はより低速のシリアル・ペリフェラル・インターフェース（SPI）などのシリアルインターフェースであり得る。レーダーフロントエンド604のシンプルな例を図3に示す。例えば、レーダーフロントエンド604は、単一の集積されたチップとして実装され得る。

【0022】

処理ユニット606は、フレームの間にレーダーフロントエンド604から捕捉されたレーダー信号データを受信するために、外部メモリ610に結合される。処理ユニット606はまた、送信されるべきチャーブのフレームに対するチャーブプロファイル及び状態構成パラメータを提供するために、チャーブ処理ユニット602に結合される。チャーブプロファイル及び状態構成パラメータは、これ以降で更に詳細に説明される。処理ユニット606は更に、チャーブプロファイル以外のレーダーフロントエンド604に対する制御情報を提供するために、レーダーフロントエンド604に結合される。処理ユニット606は、任意の検出されたオブジェクトの距離、速度、及び角度などの情報を判定するためにレーダー信号データに対する複雑なレーダー信号処理を行なう機能性を含む。処理ユニット606はまた、オブジェクトをトラッキングすること、動きのレート及び方向を判定すること、及びその他の機能など、検出されたオブジェクトについての情報の後処理を行なう機能性を含み得る。処理ユニット606は、収集されたレーダーデータの処理に必要とされるように任意の適切な、一つのプロセッサ又はプロセッサの組み合わせを含み得る。例えば、処理ユニット606は、デジタルシグナルプロセッサ（DSP）、マイクロコントローラ（MCU）、DSP及びMCU処理両方を組み合わせるSOC、又はフィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）及び/又はDSPを含み得る。

【0023】

処理ユニット606は、ネットワークインターフェース608を介して車両における一つ又は複数の電子制御ユニットに必要とされるように制御情報を提供する。電子制御ユニット（ECU）は、車両における一つ又は複数の電気的システム又はサブシステムを制御する、車両における任意の埋め込みシステムに対する一般的な用語である。ECUの例示のタイプには、電子/エンジン制御モジュール（ECM）、パワートレイン制御モジュール（PCM）、送信制御モジュール（TCM）、ブレーキ制御モジュール（BCM又はEBCM）、中央制御モジュール（CCM）、中央タイミングモジュール（CTM）、汎用電子モジュール（GEM）、ボディ制御モジュール（BCM）、及びサスペンション制御モジュール（SCM）が含まれる。

【0024】

ネットワークインターフェース608は、コントローラエリアネットワーク（CAN）プロトコル、FlexRayプロトコル、又はイーサネットプロトコルなどの任意の適切なプロトコルを実装し得る。外部メモリ610は、ダイナミックランダムアクセスメモリ（

10

20

30

40

50

D R A M) などの任意の適切なメモリ設計であり得、これは、同期D R A M (S D R A M) 又はダブルデータレートD R A M (D D R D R A M) 、フラッシュメモリ、又はそれらの組み合わせを含み得る。

【 0 0 2 5 】

チャープ処理ユニット6 0 2は、フレームにおける各チャープチャープに対するプロファイルをレーダーフロントエンド6 0 4に提供すること、及びレーダー信号データにより生成されるレーダーフロントエンド6 0 4を捕捉することを含み、フレームの間に送信されたチャープのシーケンス及びタイプを管理するように構成される。チップ処理ユニット6 0 2は、チャープ関連データのリアルタイム管理に必要とされるように、任意の適切なプロセッサ、ハードウェア状態機械、又はその組み合わせを備えて実装され得る。例えは、チップ処理ユニット6 0 2は、フィールドプログラマブルゲートアレイ(F P G A) 、マイクロコントローラ(M C U) 、デジタルシグナルプロセッサ(D S P) 、又はそれらの組み合わせであり得る。

【 0 0 2 6 】

チャープ処理ユニット6 0 2は、チャーププロファイルストレージ構成要素6 1 2、データ捕捉構成要素6 1 4、及び外部メモリインタフェース(E M I F) 6 1 6を含む。データ捕捉構成要素6 1 4は、チャープのフレームの伝送の間、レーダーフロントエンド6 0 4からのレーダー信号データを捕捉するため、及び外部メモリ6 1 0におけるデータをストアするための機能性を含む。E M I F 6 1 6は、外部メモリ6 1 0に結合され、外部メモリ6 1 0におけるフレームの伝送の間に捕捉されたレーダー信号データをストアするために、データ捕捉構成要素6 1 4により用いられ得る。

【 0 0 2 7 】

チャープ処理ユニット6 0 2は、チャープのフレームに対するチャーププロファイルを受信するため、及びチャーププロファイルストレージ構成要素6 1 2におけるチャーププロファイルをストアするための機能性を含む。チャーププロファイルストレージ構成要素6 1 2は、レジスタなどの任意の適切なメモリ設計であり得る。チャーププロファイルストレージ構成要素6 1 2において提供されるストレージの量は、実装依存であり、レーダーシステム6 0 0によりサポートされる最大チャープフレームサイズ(即ち、フレームにおけるチャープの最大数) 、及びチャーププロファイルに必要とされるストレージの最大量などの要因に基づき得る。

【 0 0 2 8 】

チャープ処理ユニット6 0 2は更に、チャーププロファイルを、ラウンドロビン様式でレーダーフロントエンド6 0 4におけるタイミングエンジンに提供する機能性を含む。より具体的には、レーダーフロントエンド6 0 4は、送信されるべきチャープのパラメータをストアするためのチャーププロファイルバッファ(レジスタなど) を含む。或るチャーププロファイルバッファが、単一のチャープに対するパラメータをストアする。また、チャーププロファイルは、単一のチャープに対するチャープタイミングパラメータのセットである。チャーププロファイルを更に詳細にこれ以降に説明する。チャーププロファイルバッファの数は、実装依存であり、バッファを満たす際のチャープ処理ユニット6 0 2のスループット、バッファを実装するためのコスト、及びその他の要因などの要因に基づき得る。

【 0 0 2 9 】

タイミングエンジンは、チャープのフレームの伝送の間、チャーププロファイルバッファからラウンドロビン様式でチャープパラメータを読み出す機能性を含む。従って、2つのチャーププロファイルバッファA及びBでは、タイミングエンジンは、バッファAからチャープパラメータを、バッファBから次のチャープパラメータを、バッファAから次のチャープパラメータを読む、などとなる。4つのチャーププロファイルバッファA、B、C、及びDでは、タイミングエンジンは、バッファAからチャープパラメータを、バッファBから次のチャープパラメータを、バッファCから次のチャープパラメータを、バッファDから次のチャープパラメータを、バッファAから次のチャープパラメータを読む、な

10

20

30

40

50

どとなる。

【0030】

チャーブ処理ユニット602は、チャーブのフレームの伝送の間ラウンドロビン様式で、チャーブプロファイルストレージ612からチャーブプロファイルバッファにチャーブプロファイルを移す機能性を含む。従って、2つのチャーブプロファイルバッファA及びBでは、タイミングエンジンが、バッファAからチャーブプロファイルを読む一方で、チャーブ処理ユニット602は、次のチャーブプロファイルをバッファBにおけるストレージに対するタイミングエンジンに提供し、タイミングエンジンがバッファBからチャーブプロファイルを読む一方で、チャーブ処理ユニット602は、次のチャーブプロファイルをバッファAにおけるストレージに対するタイミングエンジンに提供する。このパターンは、そのフレームにおける全てのチャーブが送信されるまで反復される。図7は、256チャーブのフレームに対するこのラウンドロビンチャーブプロファイル処理を図示する例である。
10

【0031】

4つのチャーブプロファイルバッファA、B、C、及びDでは、バッファは、フレームにおける第1の4つのチャーブの各々に対するチャーブパラメータで事前ロードされ得る。その後、タイミングエンジンがバッファBからチャーブプロファイルを読む一方で、チャーブ処理ユニット602は、第5のチャーブプロファイルを、バッファAにおけるストレージに対するタイミングエンジンに提供し、タイミングエンジンがバッファCからチャーブプロファイルを読む一方で、チャーブ処理ユニット602は、第6のチャーブプロファイルを、バッファBにおけるストレージに対するタイミングエンジンに提供する。更に、タイミングエンジンがバッファDからチャーブプロファイルを読む一方で、チャーブ処理ユニット602は、第7のチャーブプロファイルを、バッファCにおけるストレージに対するタイミングエンジンに提供し、タイミングエンジンがバッファAからチャーブプロファイルを読む一方で、チャーブ処理ユニット602は、第8のチャーブプロファイルを、バッファDにおけるストレージに対するタイミングエンジンに提供する。このパターンは、そのフレームにおける全てのチャーブが送信されるまで反復される。図8は、256チャーブのフレームに対するこのラウンドロビンチャーブプロファイル処理を図示する例である。2つ以上のチャーブプロファイルバッファを用いることが、シリアル・ペリフェラル・インターフェースなどのインターフェースが用いられる場合に、タイミングエンジンにおいてチャーブプロファイルを受け取る際の付加的な柔軟性を提供し得る。チャーブプロファイルを受信するために必要とされる時間量がチャーブ時間期間より大きい場合、書き込みの終了は、次のチャーブを遅延させ得る。付加的なバッファがある場合、タイミングエンジンは、バッファコンテンツの起こり得る上書きなしにチャーブを実行するためのより多くの時間を有する。
20
30

【0032】

チャーブプロファイルをここで更に詳細に説明する。チャーブプロファイルは、レーダーフロントエンド604におけるタイミングエンジンのためのタイミングパラメータのセットである。本願においてマイクロサイクル又はチャーブサイクルと称され得る单一チャーブのサイクル時間は、時間インターバルに分割され、各時間インターバルの始まりは、タイミングパラメータにより設定される。更に、各時間インターバルの間にタイミングエンジンによって実施されるアクション（チャーブ開始、レーダーデータサンプリング開始、レーダーデータサンプリング停止など）が定義される。或るインターバルの間に実施される時間インターバル及びアクションの数は、実装依存である。説明を簡潔にするため、タイミングパラメータT1、T2、T3、T4、T5、及びT6を有する、6つの時間インターバルが仮定される。図9は、6つの時間インターバルを有するマイクロサイクルを図示する例である。各インターバルの時間期間（即ち、タイミングパラメータT1、T2、T3、T4、T5、及びT6の値）は、チャーブ毎にプログラム可能である。
40

【0033】

チャーブに対するタイミングパラメータ値（即ち、チャーブプロファイル）は、種々の
50

チャーブ構成パラメータの値から判定され得る。チャーブ構成パラメータの数及びタイプは、レーダーシステム 600 の特定のアーキテクチャに従って実装依存である。例示のチャーブ構成パラメータは、どのトランスマッタがチャーブに対してイネーブルされるべきかを示すためのトランスマッタイネーブルパラメータ、チャーブの初期周波数を特定するための開始周波数パラメータ、チャーブの周波数ランプの勾配を特定するためのランプ勾配パラメータ、チャーブに対してレーダー信号データが初期的に有効であるときを特定するためのパラメータ、捕捉するためのレーダー信号データサンプルの数を特定するためのパラメータ、チャーブ間の時間を特定するためのパラメータ、周波数シンセサイザ構成パラメータ、及びトランシーバ構成パラメータを含む。

【0034】

10

タイミングエンジンは、チャーブに対するタイミングパラメータ値を、各時間インタバルの間に取られるべきアクションを制御する複数のデバイスレジスタ書き込みに変換する。図 10 は、チャーブプロファイルを用いて動作するように構成される例示のタイミングエンジン 1000 のブロック図を示す。タイミングエンジン 1000 は、パラメータマッピング構成要素 1004、有限状態機械 1006、カウンタ 1002、及びチャーブプロファイルバッファ 1008 を含む。バッファ 1008 の各々は、チャーブを生成する際にシンセサイザ 1010 及びトランシーバ構成要素 1012 の状態を制御するチャーブデータをストアするために用いられるレジスタの特異なセットである。バッファにストアされるレジスタの数及び各レジスタにおけるデータは実装依存である。説明を簡潔にするため、10 個のレジスタのうち 4 個のバッファが各々仮定される。

【0035】

20

パラメータマッピング構成要素 1004 は、フレームにおける各チャーブに対するチャーブプロファイル及び状態構成パラメータを受け取り、パラメータ値を、ラウンドロビン様式でバッファ 1008 におけるレジスタにマッピングする。例えば、状態構成パラメータは、処理ユニット 606 により提供され、送信アンテナ選択、レシーバ帯域幅、及びその他の状態構成パラメータを含み得る。有限状態機械 1006 は、ラウンドロビン様式でチャーブプロファイルバッファ 1008 を読み、トランシーバ構成要素 1012 及びシンセサイザ 1010 におけるトランシーバ（又は複数のトランシーバ）の状態を制御する制御信号を出力する。ラウンドロビン様式でチャーブプロファイルバッファを書き込む及び読み出すことは、本願において前述されている。

【0036】

30

カウンタ 1002 は、各マイクロサイクルに対するリセットであり、チャーブプロファイルにおけるタイミングパラメータに対応する時間に、時間インタバルの各々に対してアクションを開始するために有限状態機械 1006 により用いられる。有限状態機械 1006 は、高速基準クロックによりクロックされ、カウンタ 1002 は、各立ち上がりクロック信号エッジにおいて増分される。このカウンタの利用は、表 1 及び図 11 の例を参照して更に説明される。

【0037】

図 11 の例及び表 1 は、タイミングパラメータ及び状態構成パラメータに基づいてタイミングエンジン 900 の動作を図示する。表 1 に示すように、6 個のタイミングパラメータの各々がカウンタ値に変換される。また、特定のアクションが、タイミングパラメータの各々に関連付けられ、チャーブプロファイルバッファ 1008 におけるレジスタ 1 ~ 8 における特定のレジスタが、各アクションに関連付けられる。状態構成パラメータは、レジスタ 9 及び 10 にストアされたトランシーバ構成値に変換される。

【0038】

40

図 11 は、チャーブ / マイクロサイクル内の有限状態機械 906 のタイミング制御を図示する例である。図 11 に示すように、カウンタ値 T0（0 であると仮定される）でマイクロサイクルが始まる。T0 と T1 の間の時間インタバルにおいて、レーダートランシーバを構成すること、ベース周波数を設定すること、及びトランスマッタをイネーブルすることなどのアクションが実施され得る。カウンタ値が値 X (T1) に達すると、アクショ

50

ン A が開始される。例えば、アクション A は、チャーブ帯域幅を設定すること、及び周波数ランプを開始することであり得る。カウンタ値が値 Y (T 2) に達すると、アクション B が開始される。

【 0 0 3 9 】

アクション B は、トランスマッタ (又は複数のトランスマッタ) を開始することであり得る。カウンタ値が値 Z (T 3) に達すると、アクション C が取られる。アクション C は、レーダー信号データ捕捉のスタートを開始すること、及びどのくらい多くのサンプルが捕捉されるべきかを特定することであり得る。カウンタ値が値 P (T 4) に達すると、アクション D が取られる。アクション D は、周波数ランプを停止することであり得る。トランスマッタはまた、時間的にこの地点でディセーブルされ得る。カウンタ値が値 Q (T 5) に達すると、アクション E が取られる。アクション E は、ベース周波数への周波数のランプバックを開始することであり得る。カウンタ値が値 R (T 6) に達すると、アクション F が取られる。アクション F は、次のチャーブのため状態機械を初期化することであり得る。

【 0 0 4 0 】

図 12 は、図 6 の F M C W レーダーシステムなどの F M C W レーダーシステムにおけるチャーブのフレームにおいてチャーブを動的にプログラムするための方法のフロー チャートである。上述したように、チャーブのフレームにおける各チャーブに対する個別のチャーブプロファイルが、レーダーシステムにおけるチャーブ処理ユニットのチャーブプロファイルストレージ構成要素にストアされる。チャーブのフレームが送信されるにつれて、タイミングエンジンが、伝送順にチャーブ処理ユニットから各チャーブに対するチャーブプロファイルを受け取り 1200、対応するチャーブを構成するために各チャーブプロファイルを用いる 1202。タイミングエンジンは、レジスタバッファ (即ち、チャーブプロファイルバッファ) を含み、これらは、タイミングエンジンにより、連続的なチャーブを構成するためにラウンドロビン順で用いられる。各受け取ったチャーブプロファイルにおけるチャーブタイミングパラメータは、チャーブプロファイルバッファにおけるレジスタにマッピングされる。受信チャーブプロファイルをマッピングするために用いられる特定のチャーブプロファイルバッファは、ラウンドロビン順で選択される。チャーブプロファイルの受け取り及びチャーブプロファイルのチャーブプロファイルバッファへのマッピングは、チャーブを構成するために異なるチャーブプロファイルバッファを用いることと同時に起こる。

その他の実施例

【 0 0 4 1 】

少なくとも幾つかの例示の実施例において、処理ユニット及びチャーブ処理ユニットは、個別の処理ユニットである。少なくとも一つの代替の例において、個別の処理ユニットの代わりに、単一の処理ユニットが用いられ得る。従って、チャーブ処理ユニット及び処理ユニットは同じ処理ユニットであり得る。

【 0 0 4 2 】

他の例示の実施例において、チャーブ処理ユニットはまた、レーダー信号データ捕捉を実施する。少なくとも一つの代替の例において、データ捕捉は、処理ユニットなどにより任意の箇所で実施される。

【 0 0 4 3 】

別の例において、レーダーフロントエンド、チャーブ処理ユニット、及び処理ユニットが、単一のチップに統合される。

【 0 0 4 4 】

少なくとも幾つかの例示の実施例において、タイミングエンジンは、ラウンドロビン順でチャーブプロファイルバッファをサービスする。少なくとも一つの代替の例において、2つ以上のチャーブプロファイルバッファが存在する場合、サービスされるべきバッファの数及び選択肢 (及び / 又はバッファがサービスされる順) はプログラム可能である。

【 0 0 4 5 】

10

20

30

40

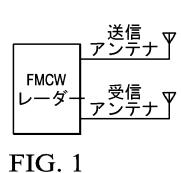
50

レーダーシステムにおける構成要素は、説明される機能性から逸脱することなく、異なる名称で称され得、及び／又は、本願において図示しない方式で組み合わされ得る。少なくとも一つの例において、第1のデバイスが第2のデバイスに結合される場合、このような接続は直接電気接続を介して、他のデバイス及び接続を介する間接的電気接続を介して、光学的電気的接続を介して、及び／又は、ワイヤレス電気的接続を介して、成され得る。

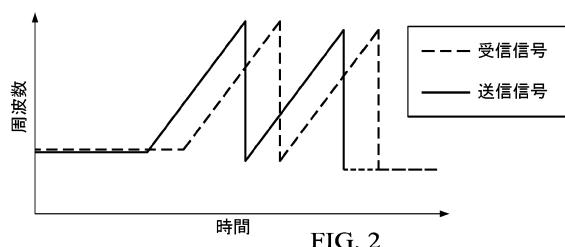
【 0 0 4 6 】

本発明の特許請求の範囲内で、説明した例示の実施例に変形が成され得、他の実施例が可能である。

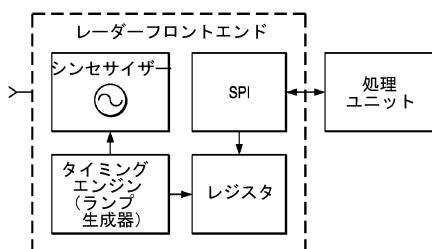
【図1】



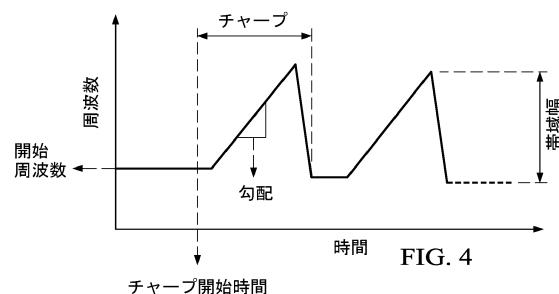
【図2】



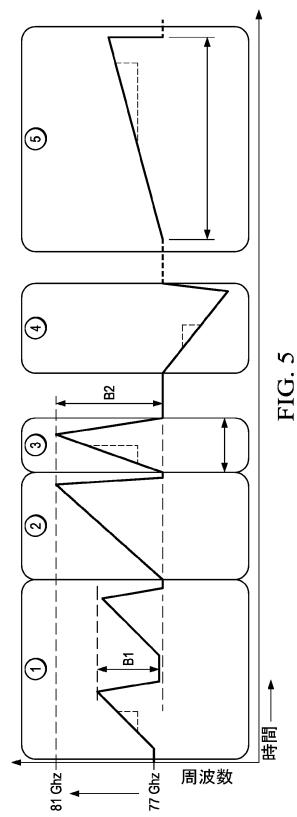
【図3】



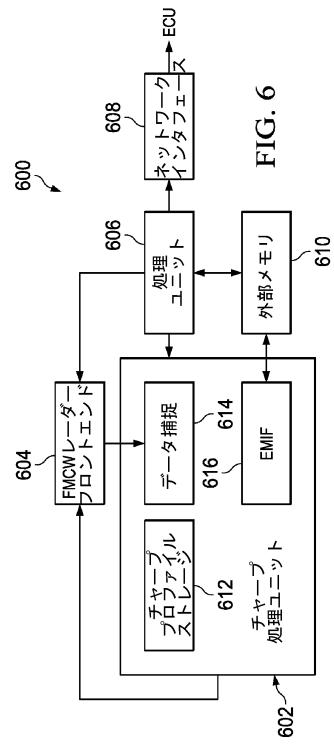
【図4】



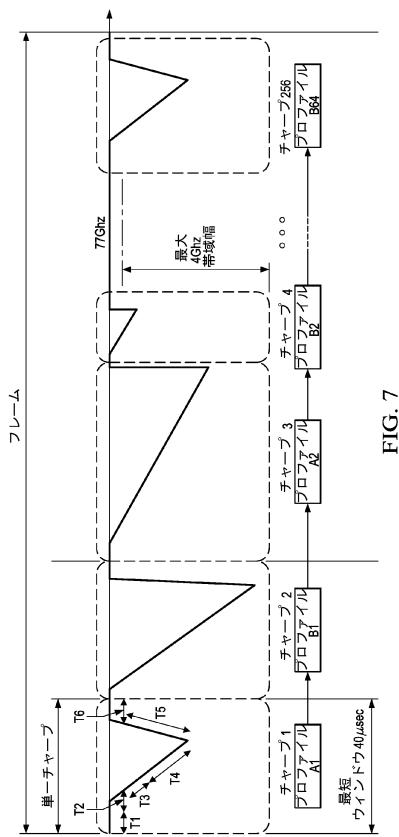
【 図 5 】



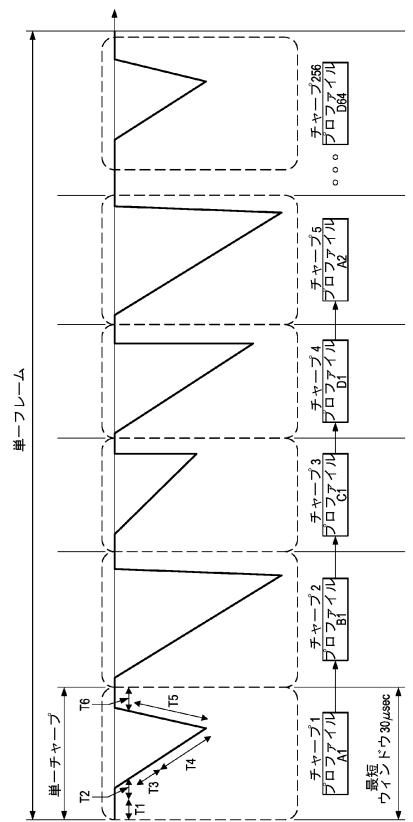
【 四 6 】



【図7】



【図8】



【図9】

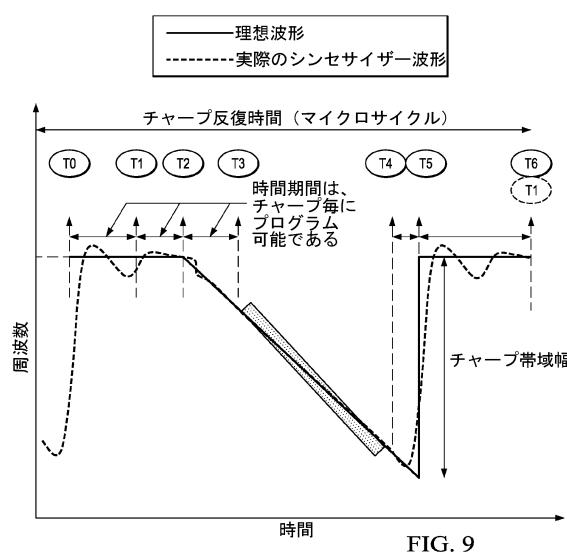


FIG. 9

【 図 1 0 】

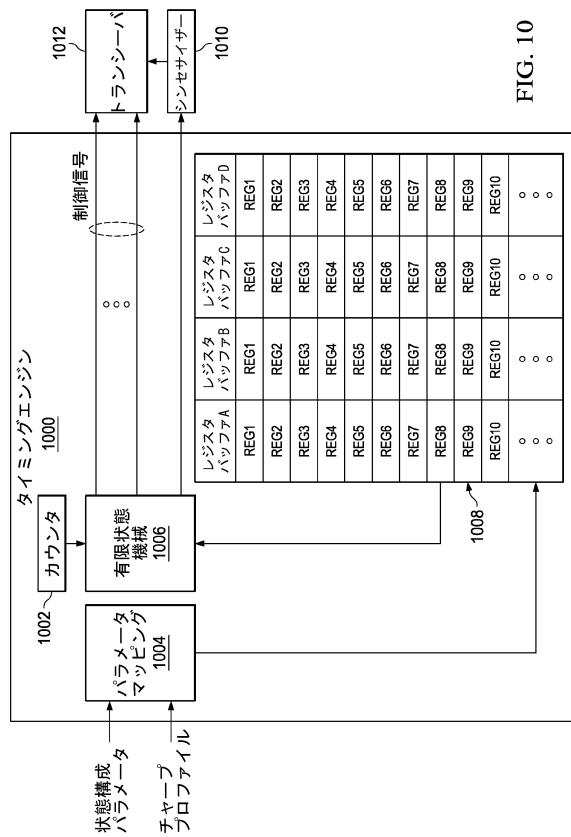
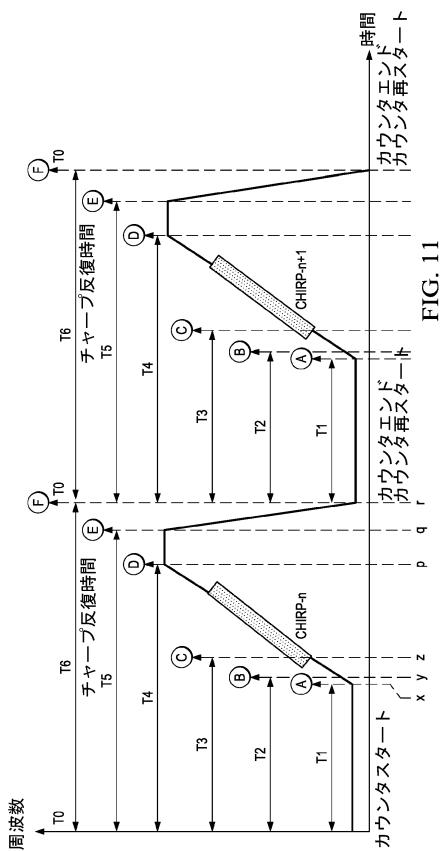


FIG. 10

【図 1 1】



11

【 図 1 2 】

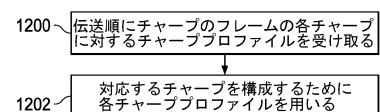


FIG. 12

フロントページの続き

(72)発明者 ワイ ピー セサン クマール
インド 560037 バンガロール, マラサハリ ポスト, バサヴァナガール, タータ
シャーワッド, シーダー エイ 01

(72)発明者 サウラブ カンナ
インド 110092 ニュー デリー, イースト エンド エンクレイブ 37

(72)発明者 ヴィジエイ レンタラ
アメリカ合衆国 75025 テキサス州 プレイノ, ストレッカー レーン 8121

審査官 田中 純

(56)参考文献 米国特許出願公開第2010/0289692(US, A1)
米国特許出願公開第2007/0152873(US, A1)
特開2000-206227(JP, A)
特開2007-225597(JP, A)
特開2010-197241(JP, A)
特開2013-160585(JP, A)
特開2016-090297(JP, A)
特開2018-129670(JP, A)
特表平07-502151(JP, A)
特表2011-529570(JP, A)
中国特許出願公開第107110966(CN, A)
中国特許出願公開第108351406(CN, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 7/00 - G01S 7/42
G01S 13/00 - G01S 13/95