

(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. F I
GO 1 S 13/34 (2006.01) GO 1 S 13/34

請求項の数 20 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2017-557911 (P2017-557911)	(73) 特許権者	390020248
(86) (22) 出願日	平成28年5月5日 (2016. 5. 5)		日本テキサス・インスツルメンツ合同会社
(65) 公表番号	特表2018-514776 (P2018-514776A)		東京都新宿区西新宿六丁目24番1号
(43) 公表日	平成30年6月7日 (2018. 6. 7)	(73) 特許権者	507107291
(86) 国際出願番号	PCT/US2016/031037		テキサス インスツルメンツ インコーポ
(87) 国際公開番号	W02016/179421		レイテッド
(87) 国際公開日	平成28年11月10日 (2016. 11. 10)		アメリカ合衆国 テキサス州 75265
審査請求日	令和1年5月2日 (2019. 5. 2)		-5474 ダラス メール ステイショ
(31) 優先権主張番号	14/704, 868		ン 3999 ビーオーボックス 655
(32) 優先日	平成27年5月5日 (2015. 5. 5)		474
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(74) 上記1名の代理人	100098497
			弁理士 片寄 恭三

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プ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、

チャープのフレームの各チャープに対するチャーププロファイルをストアするように構成されるチャーププロファイルストレージ構成要素であって、各チャーププロファイルがパラメータのそれぞれのセットを含む、前記チャーププロファイルストレージ構成要素と、

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

前記チャーププロファイルストレージ構成要素に結合され、各チャーププロファイルを前記複数のチャープ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、

各チャープ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プのフレームの伝送の間に、伝送順に前記複数のチャーププロファイルバッファから各チャープ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ブスロープとを含む、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と、

を含む、方法。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の方法であって、

チャープ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 10】

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ププロファイルを選択することと、

カウンタにตอบสนองして前記有限状態機械から前記各チャーププロファイルの前記チャープ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 11】

請求項 8 に記載の方法であって、

チャープ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ププロファイルバッファから選択される、方法。

【請求項 12】

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、チャープを構成するため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、受け取られた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が、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される、方法。

【請求項 13】

請求項 8 に記載の方法であって、

前記対応するチャープを構成するために前記各チャーププロファイルにตอบสนอง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 14】

請求項 8 に記載の方法であって、

前記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、方法。

【請求項 15】

周波数変調連続波 (FMCW) レーダーシステムであって、

チャープ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、前記チャープのフレームにおける各チャープが、それぞれのパラメータを含むそれぞれのチャープ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、

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

各チャーププロファイルを受け取るように結合され、前記各チャーププロファイルにおけるチャープタイミングパラメータのセットを前記複数のチャーププロファイルバッファのそれぞれのチャープ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、

各チャープに対する前記それぞれのチャープ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、FMCW レーダーシステム。

【請求項 16】

請求項 15 に記載の FMCW 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、前記チャープのフレームに対する前記チャーププロファイルをストアするように構成されるチャーププロファイルストレージ構成要素を更に含む、FMCW レーダーシステム。

【請求項 17】

請求項 15 に記載の FMCW レーダーシステムであって、

前記それぞれのパラメータが、それぞれのチャープの少なくとも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、

各チャープに対する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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

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プ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、チャープと称される、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」又はチャープのシーケンス（これは、「フレーム」と称され得る）をチャープ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、送信されたチャープを構成する。典型的に、送信されるチャープのパラメータ値は、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、チャープパラメータは、フレームに対して固定であり得、そのため、チャープパラメータは、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プを構成する。

【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、チャープの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プのシーケンスが、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プは、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。

【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プ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、チャープのフレームの各チャープチャープ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ププロファイルストレージ構成要素と、チャープのフレームの伝送の間に伝送順に各チャーププロファイルを受け取るようにチャーププロファイルストレージ構成要素に結

10

20

30

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、対応するチャープを構成するために各チャーププロファイルを用いる。

【 0 0 0 5 】

一つの態様において、周波数変調連続波（ F M C W ）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が、チャープのフレームの伝送の間に伝送順に F M C W 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プの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受け取ることであって、各チャーププロファイルが F M C W 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こと、及び、タイミングエンジンにより、対応するチャープを構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。

10

【 0 0 0 6 】

一つの態様において、周波数変調連続波（ F M C W ）レーダーシステムが、チャープ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、チャープのフレームにおける各チャープが、チャープに対応するチャーププロファイルに基づいて構成され、チャープのフレームにおける各チャープが、個別の対応するチャーププロファイルを有する、レーダーフロントエンドと、各チャープチャープ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 】

【 0 0 0 7 】

20

【 図 1 】 周波数変調連続波（ F M C W ）レーダーの動作を図示する例である。

【 図 2 】 F M C W レーダーの動作を図示する例である。

【 図 3 】 F M C W レーダーの動作を図示する例である。

【 図 4 】 F M C W レーダーの動作を図示する例である。

【 0 0 0 8 】

【 図 5 】 幾つかの例示のチャープ構成を図示する。

【 0 0 0 9 】

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

【 0 0 1 0 】

30

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

【 0 0 1 1 】

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

【 0 0 1 2 】

【 図 1 0 】 チャープ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。

【 0 0 1 3 】

40

【 図 1 1 】 図 1 0 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。

【 0 0 1 4 】

【 図 1 2 】 F M C W レーダーシステムにおいてチャープのフレームにおけるチャープ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 】

【 0 0 1 5 】

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。

【 0 0 1 6 】

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

50

ブルな例である。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（チャープ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）帯域幅のチャープを送信し得る。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プは、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プ信号を生成するように動作する。タイミングエンジンは、チャープパラメータレジスタにストアされたチャープパラメータ値に基づいてチャープに対する制御／構成信号を生成し、所望のチャープ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プパラメータレジスタは、シリアル・ペリフェラル・インタフェース（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プパラメータを図示する。通常、チャープは、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。チャープ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、所望のチャープ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、同じチャープ構成が、フレームにおける全てのチャープに用いられる。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つのチャープ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プ構成を図示する。チャープ構成 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 B 1 での例示のチャープを図示する。チャープ構成 2 は、構成 1 より高い帯域幅 B 2 を有するチャープを図示し、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。チャープ構成 3 は、より高い帯域幅 B 2、及び先の2つの構成よりも速いチャープレート（チャープ周波数）を有するチャープを図示し、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。チャープ構成 4 は、負の勾配のチャープを図示する。チャープ構成 5 は、遅い勾配チャープ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プ構成が適用され得、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プ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プパラメータレジスタが、或るフレームにおけるチャープからチャープ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）におけるチャープ処理ユニットが、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タイミングパラメータ（即ち、チャーププロファイル）をストアする。更に、チャープ処理ユニットは、各チャープに対するチャーププロファイルを、チャープ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、チャープ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。

【 0 0 2 1 】

図 6 は、単一のフレームにおいて複数のチャーププロファイルを用いるように構成される例示の F M C W 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 F M C W レーダーシステム 6 0 0 は、F M C W レーダーフロントエンド 6 0 4、チャープ処理ユニット 6 0 2、処理ユニット 6 0 6、及び外部メモリ 6 1 0、及びネットワークインタフェース 6 0 8 を含む。レーダーフロントエンド 6 0 4 は、チャープ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ミッタ、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、及び一つ又はそれ以上のチャープ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 6 0 4 はまた、処理ユニット 6 0 6 及びチャープ処理ユニット 6 0 2 からデータを受け取るため及び処理ユニット 6 0 6 及びチャープ処理ユニット 6 0 2 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フェースを含み得る。インタフェースは、例えば、高速シリアルインタフェース（低電圧差動信号（L V D S）インタフェースなど）又はより低速のシリアル・ペリフェラル・インタフェース（S P I）などのシリアルインタフェースであり得る。レーダーフロントエンド 6 0 4 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 6 0 4 は、単一の集積されたチップとして実装され得る。

【 0 0 2 2 】

処理ユニット 6 0 6 は、フレームの間にレーダーフロントエンド 6 0 4 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 6 1 0 に結合される。処理ユニット 6 0 6 はまた、送信されるべきチャープのフレームに対するチャープ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、チャープ処理ユニット 6 0 2 に結合される。チャープ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 6 0 6 は更に、チャーププロファイル以外のレーダーフロントエンド 6 0 4 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 6 0 4 に結合される。処理ユニット 6 0 6 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 6 0 6 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 6 0 6 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 6 0 6 は、デジタルシグナルプロセッサ（D S P）、マイクロコントローラ（M C U）、D S P 及び M C U 処理両方を組み合わせる S O C、又はフィールドプログラマブルゲートアレイ（F P G A）及び / 又は D S P を含み得る。

【 0 0 2 3 】

処理ユニット 6 0 6 は、ネットワークインタフェース 6 0 8 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（E C U）は、車両における一つ又は複数の電氣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。E C U の例示のタイプには、電子 / エンジン制御モジュール（E C M）、パワートレイン制御モジュール（P C M）、送信制御モジュール（T C M）、ブレーキ制御モジュール（B C M 又は E B C M）、中央制御モジュール（C C M）、中央タイミングモジュール（C T M）、汎用電子モジュール（G E M）、ボディ制御モジュール（B C M）、及びサスペンション制御モジュール（S C M）が含まれる。

【 0 0 2 4 】

ネットワークインタフェース 6 0 8 は、コントローラエリアネットワーク（C A N）プロトコル、F l e x R a y 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 6 1 0 は、ダイナミックランダムアクセスメモリ（

10

20

30

40

50

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

【0025】

チャープ処理ユニット602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レーダーフロントエンド604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604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602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。例えば、チップ処理ユニット602は、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)、マイクロコントローラ(MCU)、デジタルシグナルプロセッサ(DSP)、又はそれらの組み合わせであり得る。

10

【0026】

チャープ処理ユニット602は、チャーププロファイルストレージ構成要素612、データ捕捉構成要素614、及び外部メモリインタフェース(EMIF)616を含む。データ捕捉構成要素614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604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610におけるデータをストアするための機能性を含む。EMIF616は、外部メモリ610に結合され、外部メモリ610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614により用いられ得る。

20

【0027】

チャープ処理ユニット602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612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612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612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600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。

30

【0028】

チャープ処理ユニット602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604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604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602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。

40

【0029】

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

50

どとなる。

【 0 0 3 0 】

チャープ処理ユニット 6 0 2 は、チャープのフレームの伝送の間ラウンドロビン様式で、チャーププロファイルストレージ 6 1 2 からチャーププロファイルバッファにチャーププロファイルを移す機能性を含む。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が、バッファ A からチャーププロファイルを読む一方で、チャープ処理ユニット 6 0 2 は、次のチャープ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 からチャーププロファイルを読む一方で、チャープ処理ユニット 6 0 2 は、次のチャープ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プが送信されるまで反復される。図 7 は、2 5 6 チャープのフレームに対するこのラウンドロビンチャーププロファイル処理を図示する例である。

10

【 0 0 3 1 】

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、バッファは、フレームにおける第 1 の 4 つのチャープの各々に対するチャープ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 からチャーププロファイルを読む一方で、チャープ処理ユニット 6 0 2 は、第 5 のチャーププロファイルを、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 からチャーププロファイルを読む一方で、チャープ処理ユニット 6 0 2 は、第 6 のチャーププロファイルを、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 からチャーププロファイルを読む一方で、チャープ処理ユニット 6 0 2 は、第 7 のチャーププロファイルを、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 からチャーププロファイルを読む一方で、チャープ処理ユニット 6 0 2 は、第 8 のチャーププロファイルを、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プが送信されるまで反復される。図 8 は、2 5 6 チャープのフレームに対するこのラウンドロビンチャーププロファイル処理を図示する例である。2つ以上のチャープ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・インタフェースなどのインタ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プ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。チャープ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プ時間期間より大きい場合、書き込みの終了は、次のチャープを遅延させ得る。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プを実行するためのより多くの時間を有する。

20

30

【 0 0 3 2 】

チャーププロファイルをここで更に詳細に説明する。チャーププロファイルは、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プサイクルと称され得る単一チャープのサイクル時間は、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（チャープ開始、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 T 1、T 2、T 3、T 4、T 5、及び T 6 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 T 1、T 2、T 3、T 4、T 5、及び T 6 の値）は、チャープ毎にプログラム可能である。

40

【 0 0 3 3 】

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

50

チャープ構成パラメータの値から判定され得る。チャープ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。例示のチャープ構成パラメータは、どのトランスミッタがチャープ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ミッタイネーブルパラメータ、チャープの初期周波数を特定するための開始周波数パラメータ、チャープ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、チャープ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、チャープ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ー構成パラメータ、及びトランシーバ構成パラメータを含む。

【0034】

タイミングエンジンは、チャープ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、チャープ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、及びチャーププロファイルバッファ 1008 を含む。バッファ 1008 の各々は、チャープを生成する際にシンセサイザー 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プ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】

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プに対するチャープ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プ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 及びシンセサイザー 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プ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】

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、チャープ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、チャープ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】

図 11 は、チャープ/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、及びトランスミ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

10

20

30

40

50

ン A が開始される。例えば、アクション A は、チャープ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、トランスミッタ (又は複数のトランスミッタ) 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。トランスミッタはまた、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、次のチャープ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 1 2 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プのフレームにおいてチャープ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、チャープのフレームにおける各チャープに対する個別のチャーププロファイルが、レーダーシステムにおけるチャープ処理ユニットのチャーププロファイルストレージ構成要素にストアされる。チャープ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、伝送順にチャープ処理ユニットから各チャープに対するチャーププロファイルを受け取り 1 2 0 0、対応するチャープを構成するために各チャーププロファイルを用いる 1 2 0 2。タイミングエンジンは、レジスタバッファ (即ち、チャープ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、連続的なチャープ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ププロファイルにおけるチャープタイミングパラメータは、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される。受信チャープ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プ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。チャーププロファイルの受け取り及びチャーププロファイルのチャーププロファイルバッファへのマッピングは、チャープを構成するために異なるチャープ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プ処理ユニットは、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、チャープ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、チャープ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行われる。

【 0 0 4 3 】

別の例において、レーダーフロントエンド、チャープ処理ユニット、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プ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 つ以上のチャープ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 】

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せられ得る。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 】

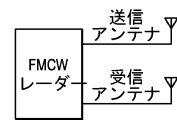


FIG. 1

【 図 2 】

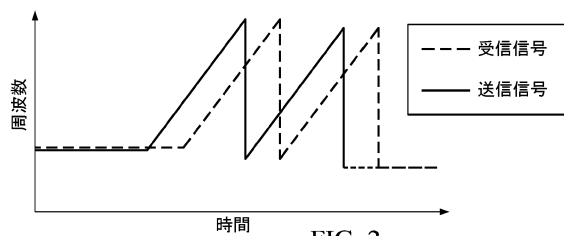


FIG. 2

【 図 3 】

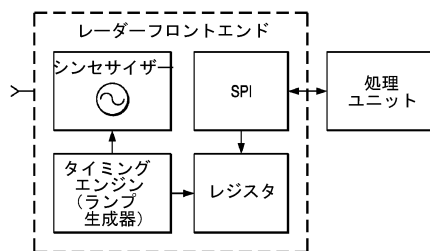


FIG. 3

【 図 4 】

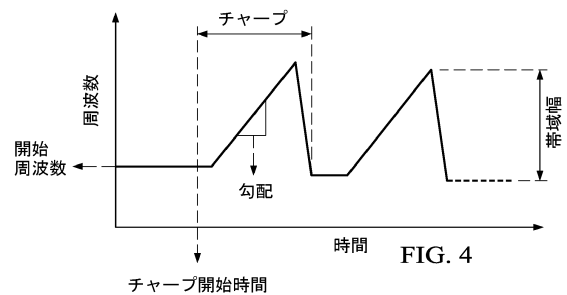
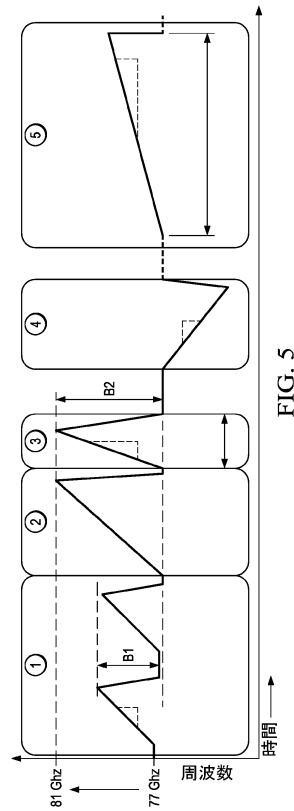
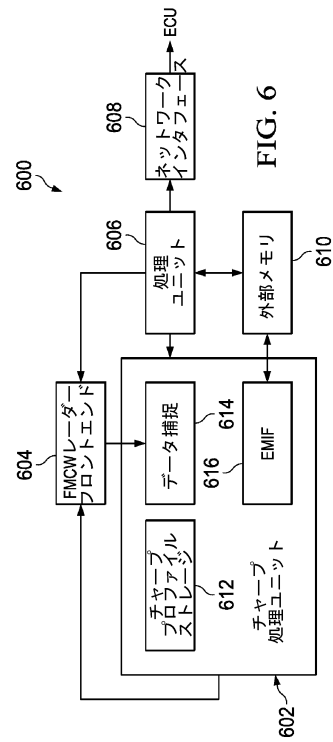


FIG. 4

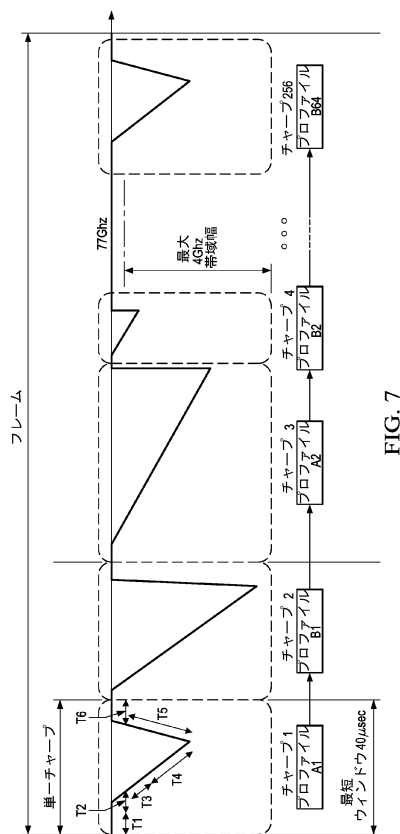
【図5】



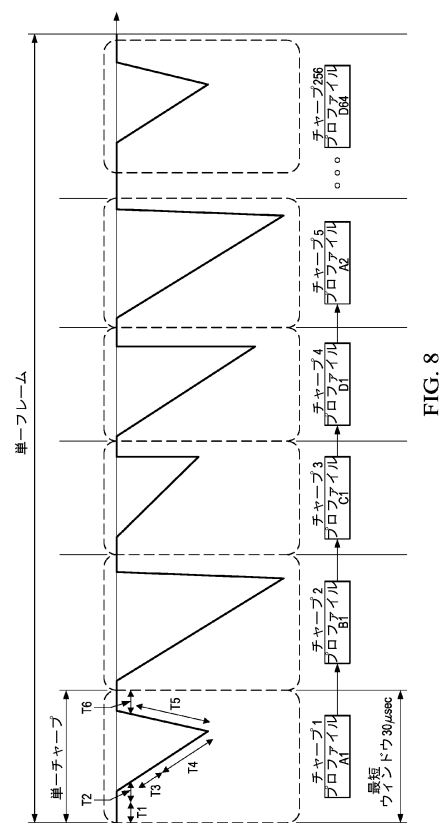
【図6】



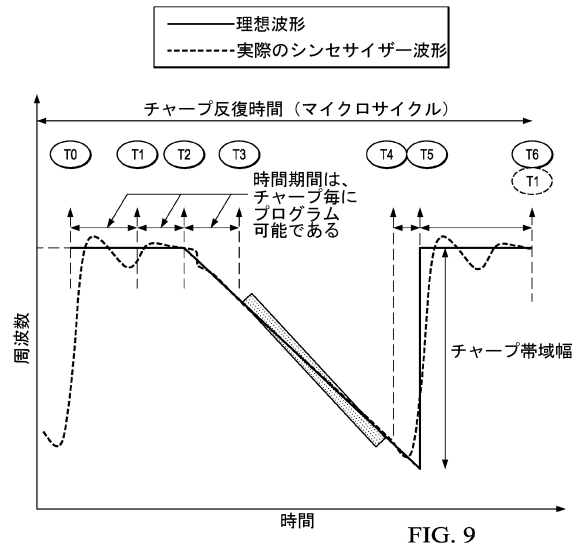
【図7】



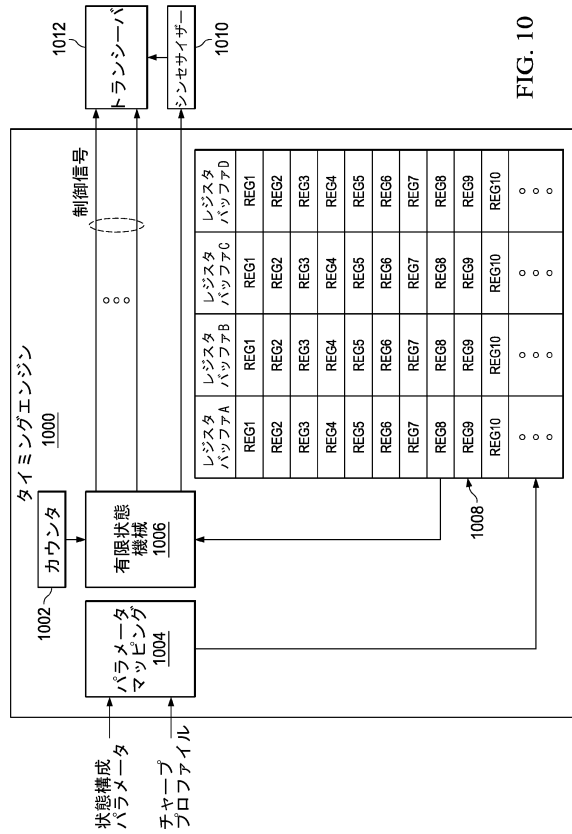
【図8】



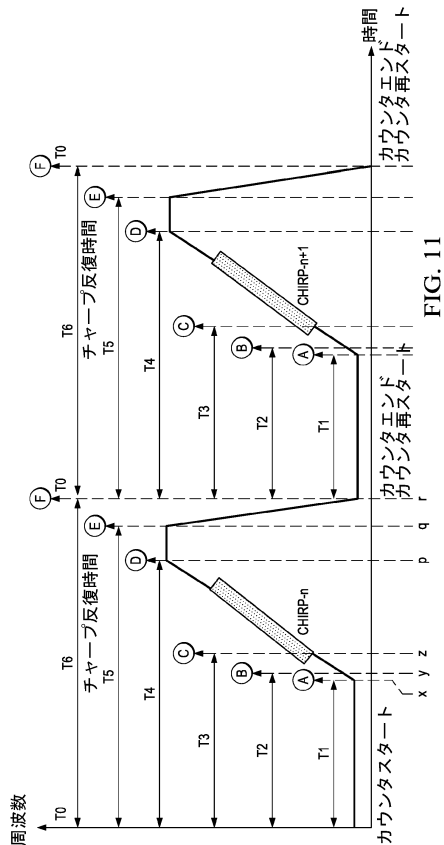
【図 9】



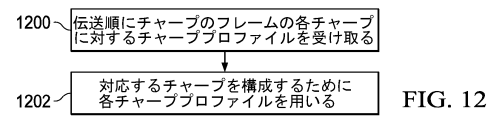
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

- (72)発明者 ワイ ビー 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
 シャーウッド, 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 ヴィジェイ レントラ
 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