

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5801966号  
(P5801966)

(45) 発行日 平成27年10月28日(2015.10.28)

(24) 登録日 平成27年9月4日(2015.9.4)

(51) Int.Cl. F I  
**HO4B 1/709 (2011.01)** HO4B 1/709  
**GO1S 19/35 (2010.01)** GO1S 19/35

請求項の数 19 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2014-527297 (P2014-527297)	(73) 特許権者	591002810
(86) (22) 出願日	平成24年8月23日 (2012.8.23)		ノースロップ グラマン ガイダンス ア
(65) 公表番号	特表2014-531790 (P2014-531790A)		ンド エレクトロニクス カンパニー イ
(43) 公表日	平成26年11月27日 (2014.11.27)		ンコーポレイテッド
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/052072		アメリカ合衆国 カリフォルニア 913
(87) 国際公開番号	W02013/028868		67-6675, ウッドランド ヒルズ,
(87) 国際公開日	平成25年2月28日 (2013.2.28)		バーバンク ブールバード 21240
審査請求日	平成26年2月21日 (2014.2.21)	(74) 代理人	100105957
(31) 優先権主張番号	61/526,490		弁理士 恩田 誠
(32) 優先日	平成23年8月23日 (2011.8.23)	(74) 代理人	100068755
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 恩田 博宣
		(74) 代理人	100142907
			弁理士 本田 淳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 関連エンジン用のパケットに基づいた入出力インターフェイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ナビゲーションシステムであって、  
 受信信号を逆拡散させるように構成された関連エンジンを有し、  
 前記関連エンジンは、  
 レプリカ信号に対して前記受信信号を評価して関連結果を生成するように構成された相  
 関器と、  
 宛先アドレス、発信元アドレス、及び前記関連結果を有するパケットを生成するように  
 構成されたパケットエンコーダと、  
 前記パケットを前記ナビゲーションシステムの別のコンポーネントに供給するように構  
 成された入出力インターフェイスと、  
 を備える、ナビゲーションシステム。

【請求項2】

前記別のコンポーネントは、所定の期間にわたって前記関連エンジンからの関連結果を  
 組み合わせて前記受信信号の少なくとも1つの特徴を判定するように構成されたシステム  
 制御部を含む、請求項1に記載のナビゲーションシステム。

【請求項3】

前記関連エンジンは、複数の関連エンジンのうちの第1関連エンジンであり、  
 前記システム制御部は、前記複数の関連エンジンからの関連結果を組み合わせて前記受  
 信信号の前記少なくとも1つの特徴を判定するように更に構成されている、請求項2に記

載のナビゲーションシステム。

【請求項 4】

前記システム制御部は、前記複数の相関エンジンのうちの第 2 相関エンジンと関連する受信機プラットフォーム上に配置されている、請求項 3 に記載のナビゲーションシステム。

【請求項 5】

前記複数の相関エンジンの各々は、関連する無人航空機上の受信機プラットフォームの一部である、請求項 3 に記載のナビゲーションシステム。

【請求項 6】

前記入出力インターフェイスは、前記ナビゲーションシステム内の前記別のコンポーネントから構成パケットを受信するように構成され、

前記相関エンジンは、前記構成パケットにตอบสนองして前記相関エンジンと関連する少なくとも 1 つのパラメータを変更する、請求項 1 に記載のナビゲーションシステム。

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つのパラメータは、前記相関エンジンが半二重モードにおいて動作しているのか又は全二重モードにおいて動作しているのかを規定するパラメータを含む、請求項 6 に記載のナビゲーションシステム。

【請求項 8】

前記少なくとも 1 つのパラメータは、半二重モードにおいて動作している際に前記相関エンジンが同相成分を供給するのか又は直交位相成分を供給するのかを規定するパラメータを含む、請求項 6 に記載のナビゲーションシステム。

【請求項 9】

前記少なくとも 1 つのパラメータは、搬送波数値制御発振器及び符号数値制御発振器のうちの 1 つのレートの規定するパラメータを含む、請求項 6 に記載のナビゲーションシステム。

【請求項 10】

ナビゲーションシステムであって、

複数の受信機プラットフォームであって、前記複数の受信機プラットフォームの各々は、複数の相関エンジンのうちのうちの少なくとも 1 つを含み、各相関エンジンは、受信信号を逆拡散させるように構成され、各相関エンジンは、

レプリカ信号に対して前記受信信号を評価して相関結果を生成するように構成された相関器と、

宛先アドレス、発信元アドレス、及び前記相関結果を有するパケットを生成するように構成されたパケットエンコーダと、

パケット化されたデータを送受信するように構成された入出力インターフェイスとを含む、前記複数の受信機プラットフォームと、

前記複数の相関エンジンにより生成された相関結果を組み合わせる前記受信信号の少なくとも 1 つの特徴を判定するように構成されたシステム制御部であって、

宛先アドレス、発信元アドレス、及び前記複数の受信機プラットフォームに対する構成データを有するパケットを生成するように構成されたパケットエンコーダと、

前記パケットを前記複数の受信機プラットフォームに供給するように構成された入出力インターフェイスとを含むシステム制御部とを備える、ナビゲーションシステム。

【請求項 11】

前記構成データは、空間 - 時間適応処理の重み付けを変更するための命令を含む、請求項 10 に記載のナビゲーションシステム。

【請求項 12】

前記システム制御部は、前記複数の受信機プラットフォームのうちの第 1 受信機プラットフォーム上に配置されている、請求項 10 に記載のナビゲーションシステム。

【請求項 13】

前記構成データは、前記システム制御部が第 1 受信機プラットフォームから第 2 受信機

10

20

30

40

50

プラットフォームに転送されるように、前記システム制御部をホスティングするための前記複数の受信機プラットフォームのうちの第2受信機プラットフォームに対する命令を含む、請求項12に記載のナビゲーションシステム。

【請求項14】

前記システム制御部は、複数のシステム制御部のうちの第1システム制御部であり、前記複数のシステム制御部の各々は、前記複数の受信機プラットフォームのうちの少なくとも1つに対するアクセスを共有する、請求項10に記載のナビゲーションシステム。

【請求項15】

パケット化されたインターフェイスを利用する方法であって、システム制御部において第1パケット内においてレプリカ信号を規定するパラメータをエンコードすること、

前記第1パケットを受信機プラットフォームに送信すること、  
前記受信機プラットフォームにおいて規定された前記レプリカ信号を生成すること、  
前記レプリカ信号を受信信号と比較して相関結果を供給すること、  
第2パケット内において前記相関結果をエンコードすること、  
前記第2パケットを前記システム制御部に送信することを備える、方法。

【請求項16】

前記第1パケットを受信機プラットフォームに送信することは、個々の第1パケットを複数の受信機プラットフォームに送信することを含み、

前記方法は、前記複数の受信機プラットフォームから送信された個々の第2パケットからの相関結果を組み合わせて前記受信信号の少なくとも1つの特徴を判定することを更に備える、請求項15に記載の方法。

【請求項17】

前記複数の受信機プラットフォームは、移動可能な受信機プラットフォームであり、前記方法は、前記複数の受信機プラットフォームからの前記相関結果を組み合わせて大きなアパーチャの合成アンテナを形成するように、前記複数の受信機プラットフォームを緊密な隊形において維持することを更に備える、請求項16に記載の方法。

【請求項18】

前記第1パケットを受信機プラットフォームに送信することは、前記第1パケットを受信機プラットフォームにそれぞれの1ミリ秒ごとに一度ずつ送信し、その1ミリ秒について前記受信機プラットフォームと関連する相関エンジンに対する相関パラメータを供給することを含む、請求項17に記載の方法。

【請求項19】

前記システム制御部において第1パケット内においてレプリカ信号を規定するパラメータをエンコードすることは、前記第1パケットと共にホストシーケンス値を供給することを含み、

前記システム制御部は、前記ホストシーケンス値を使用することにより、前記第1パケット内の前記レプリカ信号を前記第2パケット内の前記相関結果とマッチングさせる、請求項17に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に、ナビゲーションシステムに関する。更に詳しくは、本発明は、ナビゲーションシステムの相関エンジン用のパケットに基づいた入出力インターフェイスに関する。

【背景技術】

【0002】

全地球航法衛星システム(GNSS:Global Navigation Satellite System)受信機において使用されている基本的なベースバンドデジタル信号処理コンポーネントは、相関器と呼ばれている。これは、アナログ-デジタルコンバータ(ADC:Analog-to-Digital Converte

10

20

30

40

50

r)によって生成される受信GNSS信号のデジタル化されたサンプルを、受信されている信号の搬送波及び拡散符号成分のローカルで生成されたレプリカ (locally generated replica) と相関させる。ローカルのレプリカが受信信号の搬送波及び符号成分と十分に一致している場合、大きな相関結果が生成される。信号は、一致したローカルのレプリカから導出される信号のパラメータに従って処理することが可能であり、これにより、そのパワーレベルが熱雑音のパワーレベルを十分に下回ることができる実際の受信信号パラメータの可観測性が得られる。基本的に、これらの受信信号パラメータは、逆拡散信号の大きさと、ローカルで生成された搬送波に関する搬送波の位相とである。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

10

【0003】

本発明の一態様によれば、ナビゲーションシステムが提供される。ナビゲーションシステムは、受信信号を逆拡散させるように構成された相関エンジンを含む。相関エンジンは、レプリカ信号に対して受信信号を評価してパケット化されたインターフェイスを介して相関結果を生成するように構成される相関器と、宛先アドレス、発信元アドレス、及びペイロードを有するパケットを生成するように構成されたパケットエンコーダと、を含む。入出力インターフェイスを使用することにより、相関エンジンを構成すると共に相関結果をナビゲーションシステムの別のコンポーネントに供給する。

【0004】

本発明の別の態様によれば、ナビゲーションシステムが提供される。ナビゲーションシステムは、システム制御部と、複数の受信機プラットフォームとを含み、受信機プラットフォームは、受信信号を逆拡散させるように構成された複数の相関エンジンのうちの少なくとも1つを含む。システム制御部は、宛先アドレス、発信元アドレス、及び複数の受信機プラットフォーム用の構成データを有するパケットを生成するように構成されたパケットエンコーダと、パケットを複数の受信機プラットフォームに供給するように構成された入出力インターフェイスとを含む。各相関エンジンは、レプリカ信号に対して受信信号を評価して相関結果を生成するように構成された相関器と、パケット化されたデータを送受信するように構成された入出力インターフェイスとを含む。

20

【0005】

一実装形態においては、システム制御部は、複数のシステム制御部のうちの第1システム制御部であり、且つ、複数のシステム制御部の各々は、複数の受信機プラットフォームのうちの少なくとも1つに対するアクセスを共有している。

30

【0006】

本発明の更に別の態様によれば、パケット化されたインターフェイスを利用する方法が提供される。レプリカ信号を規定するパラメータは、システム制御部において第1パケット内でエンコードされる。第1パケットが、受信機プラットフォームに送信される。規定されたレプリカ信号が、受信機プラットフォームにおいて生成される。レプリカ信号が、受信信号と比較されて相関結果を供給する。相関結果が、第2パケット内でエンコードされる。第2パケットが、システム制御部に送信される。

【0007】

40

本発明の特徴、目的、及び利点については、後述する詳細な説明を添付図面との関連において参照することにより、より明らかとなる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の一態様によるナビゲーションシステムの一例を示す。

【図2】本発明の一態様によるGNSSの一実装形態を示す。

【図3】1つのシステム制御部から1つ又は複数の受信機プラットフォームに送信することができるパケットブロックを示すテーブルである。

【図4】受信機プラットフォームからシステム制御部に送信することができるパケットブロックを示すテーブルである。

50

【図5】本発明の一態様によるパケット化されたインターフェイスを利用するための方法を示す。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本発明は、一般に、ナビゲーションシステムに関し、且つ、信号の逆拡散に基づいた任意の適切なナビゲーションシステムにおいて実装することができる。例示を目的として、以上の説明は、具体的には、GNSS受信機の実装を取り上げているが、本発明は、一般に、任意のナビゲーションシステムに対して適用可能であることを理解されたい。GNSS受信機において使用されている基本的なベースバンドデジタル信号処理コンポーネントは、**10** 相関エンジン、即ち、相関器と呼ばれている。相関エンジンは、アナログ-デジタルコンバータ(ADC)から供給される受信GNSS信号のデジタル化されたサンプルを、受信されている信号の搬送波及び拡散符号成分のローカルで生成されたレプリカと相関させる。ローカルのレプリカが、受信された信号の搬送波及び符号成分と十分に一致した場合には、大きな相関結果が生成される。信号は、一致したローカルのレプリカから導出される信号のパラメータに従って処理することが可能であり、これにより、そのパワーレベルが熱雑音のパワーレベルを十分に下回る実際の受信GPS信号パラメータの可観測性が得られる。これらの受信信号パラメータは、逆拡散された信号の大きさと、ローカルで生成された搬送波に関するその搬送波の位相とを表している。

【0010】

相関は、ADCのサンプルレートにおいて生成され、このサンプルレートは、受信機の**20** フロントエンドの設計された帯域幅に比例している。通常、サンプルレートは、フロントエンドの設計に応じて、4メガヘルツ~90メガヘルツの範囲を取り得る。このサンプルレートは、通常、相関操作を実行するための専用のデジタルハードウェア以外のものを使用するためには、過大である。GNSS受信機の通常動作において、受信機は、変化する動作状態に対して動的に適応するように構成され、可能な最良の距離計測値を、即ち、可能な最小の計測誤差及び雑音を有する距離計測値を、生成するという目的を有する。このプロセスの一部として、検出前積分時間(pre-detection integration time)と呼ばれる相関の実行に必要なとされる合計時間が、通常は整数ミリ秒の刻みにおいて、変更される。

【0011】

一実装形態においては、GPS受信機アルゴリズムは、ハードウェアとマイクロプロセッサ上において実行されるソフトウェアとの間でパーティション化(partitioned)され**30** ている。ハードウェアにおいて相関を最大で1ミリ秒にわたって実行し、且つ、結果をソフトウェア相関器に転送し、そこで、更なる積分を実行してもよい。ソフトウェアにより、1ミリ秒のエポック(epoch)において、デジタルハードウェア内に存在しているレプリカ搬送波及び符号生成器を制御することができる。この結果、双方向通信がハードウェア相関器とソフトウェアとの間において維持され、且つ、一実装形態においては、この通信は、最大で1キロヘルツのレートにおいて継続的に発生する。

【0012】

本発明の一態様によれば、信号相関レベルにおいていくつかのアンテナ素子からのナビゲーション信号を合成することにより、大きな処理利得及び安定性が実現されている。例えば、複数のアンテナ素子からの信号を合成することにより、大きなアパーチャを有する**40** 仮想アンテナを形成することができる。例えば、緊密な隊形において飛行する複数の無人航空機(UAV:unmanned aerial vehicle)により、合成アンテナを形成することができる。本発明の一態様による受信機アーキテクチャにおいて、相関リソース及び残りの受信機処理は、固定されたプラットフォームに制約されてはいない。実際に、ホストプラットフォーム及びその相関リソースは、時間と共に変化してもよい。動的なローカル及びリモートホストによる動的なローカル及びリモート相関リソースに対するこのインターフェイス処理は、パケットに基づいたインターフェイスを使用することによって解決される。

【0013】

図1は、本発明の一態様によるナビゲーションシステム10の一例を示している。ナビ **50**

ゲーションシステム 10 は、レプリカ信号を規定する少なくとも 1 つのパラメータの組を受信し、レプリカ信号に対する受信信号の類似性を表す相関結果を返すように構成された相関エンジン 20 を含む。相関エンジン 20 は、ハードウェア、汎用プロセッサ上において実行されるソフトウェア、又はソフトウェア及びハードウェア要素の組合せとして実装することができる。一実装形態においては、相関エンジン 20 は、フィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA: Field Programmable Gate Array) などのプログラム可能な論理装置として実装されている。

【0014】

本発明の一態様によれば、相関エンジン 20 は、パケット化されたデータをデータ接続上において送受信するように構成された入出力 (I/O: input/output) インターフェイス 22 を含む。データ接続は、有線又は無線ネットワーク接続を含むパケット化されたデータを送信するための任意の適切な接続を有することができることを理解されたい。このようなネットワークは、その他の相関エンジン、ナビゲーションシステムの制御システム、又は 1 つ又は複数の受信機コンポーネントなどのナビゲーションシステムの様々なコンポーネント (図示せず) を含むことができよう。一実装形態においては、ネットワークにより、ナビゲーションシステムの制御システムは、レプリカ信号を規定するパラメータの組などの制御パラメータを 1 つ又は複数の相関エンジンに供給することができる。

【0015】

I/O インターフェイス 22 において受信されたパケットは、受信されたパケットから少なくとも 1 つの関連する相関器 26 用のデータを抽出するように構成されたパケットエンコーダ/デコーダ 24 に供給される。例えば、任意のパケットは、その発信元、宛先、及びパケットのペイロードの関連する長さに関する情報を収容するヘッディング (header) を含むことができる。パケットのペイロードは、相関器における分析のためのレプリカ信号を規定するパラメータの組を含む 1 つ又は複数の相関器システム用の命令を含むことができる。相関器 26 は、パケットエンコーダ/デコーダからパラメータの組を受信し、且つ、パラメータの組に基づいてレプリカ信号を生成する。

【0016】

受信されたナビゲーション信号の搬送波及び拡散符号成分を表すデジタルサンプルの組は、パケットエンコーダ/デコーダ 24 又は別のデータ接続を介して供給することが可能であり、且つ、相関器 26 は、受信されたナビゲーション信号をローカルで生成されたレプリカによって評価することが可能であり、且つ、ローカルのレプリカに対する受信信号の類似性を表す相関結果を供給することができる。相関結果をパケットエンコーダ/デコーダ 24 に供給することにより、相関結果を表すデータを収容する新しいパケットを生成することができる。このパケットは、I/O インターフェイス 22 からナビゲーションシステムの 1 つ又は複数のその他のコンポーネントに送信することができる。例えば、相関結果は、所定の期間にわたって結果を蓄積して更なる相関エネルギー (correlation energy) を供給するソフトウェアを含むシステム制御部に対して供給することができる。この結果、信号特性の更に正確な判定が実現される。

【0017】

図 2 は、本発明の一態様による GNSS システム 50 の一実装形態を示している。図示の実装形態においては、複数の受信機プラットフォーム 52 ~ 54 は、対応するシステム制御部 56 によって制御されている。例えば、受信機プラットフォーム 52 ~ 54 は、個々の有人航空機又は無人航空機を表すことができる。この目的のために、各受信機プラットフォーム 52 ~ 54 及びシステム制御部 56 は、受信機プラットフォーム 52 ~ 54 とシステム制御部 56 との間の通信を円滑に実行すべく、パケットに基づいた通信システムを集合的に形成する関連するパケット入出力 (I/O) インターフェイス 62 ~ 65 を含むことができる。

【0018】

パケットに基づいた通信システムは、単一のバーストを使用することにより、システム制御部 56 との間において多数のワード (word) を転送するように構成されている。シス

10

20

30

40

50

テム制御部 56 は、図示の実装形態においては 1 ミリ秒ごとに発生する定期的な割込みの生成により、命令を受信機プラットフォーム 52 ~ 54 に供給するように指示される。割込み間のインターバルをエポックと呼ぶ。命令を受信機プラットフォーム 52 ~ 54 に単一の大きなパケットとして送信することにより、多数の相関結果を判読及び処理し、エポック間のインターバルにおいて新しいコマンドを適用するための十分な時間がシステム制御部 56 に対して許容される。例えば、コマンドは、搬送波及び符号数値制御発振器 (NC O: Numerically Controlled Oscillator) のレート及びレプリカ符号の位相状態を規定するパラメータと、符号生成器のモードと、同相成分又は直交位相成分を出力するための半二重相関器に対する命令と、符号生成器の間隔を規定するパラメータと、符号 - 位相状態を即座に前進させるか又は遅延させるための命令と、レジスタ I / O コマンド及びクエリと、空間 - 時間適応処理 (STAP: Space-Time Adaptive Processing) の重み及び遅延を動的に変化させるための命令とを含むことができる。システム制御部 56 は、受信機プラットフォーム 52 ~ 54 とは別個であるものとして示されているが、一実装形態においては、システム制御部 56 は、受信機プラットフォームのうちの 1 つの受信機プラットフォーム上に配置することができることを理解されたい。別の実装形態においては、各受信機プラットフォーム 52 ~ 54 は、システム制御部を実装するための適切なハードウェア及びソフトウェアを有し、且つ、制御の責任 (control responsibilities) は、パケット入出力 (I / O) インターフェイス 62 ~ 65 を介してプラットフォーム間において転送することができる。更に別の実装形態においては、受信機プラットフォーム 52 ~ 54 及びその関連する相関器リソースは、複数のローカルユーザインターフェイス及びリモートユーザインターフェイスによって共有することができる。この目的のために、各受信機プラットフォーム及び任意のプラットフォーム上の各相関器リソースは、関連する識別子を有して、複数のローカルユーザインターフェイス又はリモートユーザインターフェイスのうちのいずれかからアドレス指定され (addressed)、これらの複数のインターフェイスのうちのいずれかのものによってパケット化されたインターフェイスを通じて動的に再構成されて望ましい機能を実行する。

#### 【 0 0 1 9 】

各受信機プラットフォーム 52 ~ 54 において、受信された衛星信号をマルチ素子 GPS アンテナ 66 ~ 68 によって受信して、関連する受信機 72 ~ 74 において使用可能な信号に変換している。例えば、受信機 72 ~ 74 は、受信信号をベースバンドにダウンコンバージョンするマルチチャネル RF フロントエンドを含むことができる。様々な受信機 72 ~ 74 のフロントエンドは、異なるチャネルについて同一のクロックを使用し、従って、チャネル間におけるクロックバイアス及びドリフトを導入しない。次いで、ダウンコンバージョンされた信号をデジタル化し、且つ、複数の相関器バンク 81 ~ 83、84 ~ 86、及び 87 ~ 89 に供給している。

#### 【 0 0 2 0 】

各相関器バンク 81 ~ 89 は、タイプ 1 及びタイプ 2 と呼ばれる 2 つのタイプの相関器のうちの 1 つとして実装することが可能であり、且つ、仮想チャネルとしてアドレス指定することができる。これらのチャネルは、1 ミリ秒の持続時間にわたってバックツリーブックの GNSS 信号相関を実行する。タイプ 1 のバンク又はタイプ 2 のバンクの各々の内部のバッファは、1 つ又は複数のパケットとしてフォーマットされた結果を保持する。これらのパケットを順番に収集し、且つ、ホストプロセッサに対する送信の準備が整ったファーストインファーストアウト (FIFO: First-In-First-Out) バッファ内に配置する。以前のエポックにおいて有効であった結果が外部に転送されている間に、チャネルは、パケットに基づいた通信インターフェイス 62 ~ 64 を介して受信され、保持レジスタ内に収容されている現在のエポックに対する新しいコマンドを読み込み、且つ、現在のエポックについて処理を継続する。

#### 【 0 0 2 1 】

タイプ 1 のチャネルは、3 つの全複素相関器から構成された独立した相関チャネルである。図示の実装形態においては、タイプ 1 の仮想相関器チャネルは、入力データストリー

10

20

30

40

50

ムセレクタと、レプリカ搬送波数値制御発振器(NCO)と、レプリカ符号NCOと、レプリカ符号生成器と、プログラム可能な符号遅延部と、関連する結果保持レジスタを有する6つの乗算-蓄積ユニットとから構成されている。搬送波NCOの場合には、32ビットのステアステップ関数(stair-step function)が、2ビットで表されたサイン及びコサインレプリカ内にマッピングされる(即ち、-1、0、及び1という値)。これらの値は、搬送波のワイプオフ操作を実行するべく蓄積プロセスにおいて使用される。チャンネルは、サンプルごとのNCO位相増分のプログラミングと32ビットの位相状態レジスタをサポートしている。後者は、ソフトウェアを介したチャンネルのクローニング及びチャンネルリソース管理機能をサポートするためのレプリカ搬送波の即座の初期化をサポートしている。

10

**【0022】**

符号NCOは、オーバーフローが発生した際に符号生成器が1チップだけ増分するように、位相レジスタのオーバーフローを使用して符号生成器のチップ増分(chip increments)を検知していることを除いて、搬送波NCOと機能的に同一である。更には、NCO位相状態のサブセットをプログラム可能なルックアップテーブル(LUT:LookUp Table)に送信することにより、バイナリオフセット搬送波(BOC:Binary Offset Carrier)変調方式用の方形波サブ搬送波を実装している。

**【0023】**

符号生成器は、最終的なレプリカの疑似雑音(PRN:Pseudo Random Noise)符号シーケンスを形成するべく1つにXOR処理されるいくつかのプログラム可能なリニア-フィードバックシフトレジスタ(LFSR:Linear-Feedback Shift Register)から構成されている。各LFSRのステージからデータが取得され、ルックアップテーブル(LUT)に入力されている。LUTは、任意の拡散符号について拡散シーケンスの多項式を形成するように、実行時においてプログラム可能である。使用されていないLFSRは、すべてゼロをレジスタにプログラムすることにより、ディスエーブルすることが可能であり、この結果、特異状態がもたらされる。LFSRは、その初期化レジスタに書き込むことにより、パケット入出力(I/O)インターフェイス62~64を介してプログラムされる。この値は、次のエポックの第1サンプルの開始時点においてLFSRに適用される。これにより、ソフトウェアは、任意のサポートされているGNSS符号タイプ、その符号タイプのPRN数、及び符号の開始全体チップ位相をプログラムすることができる。

20

30

**【0024】**

所与のLFSRレジスタのプログラムのために割り当てられた32ビットのワードの最上位の2ビットは、LFSRレジスタの様々なモードを制御する。これにより、ソフトウェアは、最少量のホストメモリ及び処理を使用することにより、極めて長いシーケンスについて任意の状態に符号生成器をプログラムすることができる。設定モードにおいては、受信パケット内に収容されている状態がLFSRに読み込まれる。ターボモードにおいては、LFSRレジスタは、受信パケット内に提供されている特定数のサイクルにおいてコアクロックサイクル(約300MHz)ごとに増分し、これにより、既知のLFSRから特定のLFSR状態への迅速な遷移を許容するが、この特定のLFSR状態は、その初期化状態がホストメモリ内に保存するには大き過ぎる非常に長いシーケンスについて特定の符号位相状態にジャンプするために使用される。保持モードにおいては、LFSR状態は、その他のLFSR状態との関係においてスキューすることができるように、停止される。実行モードにおいては、LFSRレジスタは、各NCOのオーバーフローの発生ごとに、一回ずつ、進行する。XORゲートの出力は、BOC符号に必要な方形波サブ搬送波を適用するために使用される1ビット乗算器に対して送信される。搬送波NCOに類似したルックアップテーブルを使用することにより、複数のプログラム可能なレートの方波及びその他のマルチレベルの周期的なサブ搬送波が符号NCO位相レジスタから導出される。

40

**【0025】**

符号生成器の出力は、2つのプログラム可能な遅延ステージに送信される。符号の直接

50

出力と2つの遅延された出力は、協働し、符号追跡用の符号位相弁別子 (code phase discriminator) のための対応する相関を形成することになる符号の「Early」、  
「Prompt」、及び「Late」バージョンを形成する。プログラム可能な遅延部により、ソフトウェアは、それぞれのチャンネルごとに独立的に Early - minus - Late 相関の間隔を制御することができる。更には、遅延部は、エポックごとにプログラムすることが可能であり、その結果、ホストソフトウェアアルゴリズムは、実行時においてプロンプト相関器を「盗み見る (peek around)」ことができる。この機能は、「bump jumping」BOC符号、信号の変形監視、マルチパス推定、及びスプーファ検出などの多数の革新的な用途について使用することができる。

**【0026】**

タイプ2のチャンネルは、半複素相関器の大きなバンクから構成された独立した相関チャンネルである。タイプ2の仮想相関器チャンネルは、入力データストリームセクタと、レプリカ搬送波NCOと、レプリカ符号NCOと、レプリカ符号生成器と、一連のプログラム可能な遅延部と、関連する結果保持保存要素を有する乗算 - 蓄積ユニットの大きなバンクとから構成される。乗算器 - 蓄積ユニットの大きなバンク、対応するプログラム可能な遅延要素、及び搬送波レプリカの同相又は直交位相を選択するマルチプレクサを除いて、タイプ2の相関器のその他の機能は、タイプ1の相関器と実質的に同一である。

**【0027】**

搬送波NCOの実装は、タイプ1の相関器のものと同一である。但し、同相又は直交位相搬送波レプリカ成分は、一次元の相関器バンクに切り替えることができる。この結果、タイプ2の相関器のハードウェアリソースが低減され、これにより、タイプ2の多数の仮想相関器チャンネルの実装が可能となる。この結果得られる実装形態を「半複素」相関器と呼ぶ。半複素相関器は、エポックごとにローカル搬送波レプリカの同相成分又は直交位相成分と相関するように実行時に切り替えることができる。この結果、タイプ2チャンネルは、ときどき直交位相成分を「盗み見る」ことによって残留位相誤差の推定値を得ることにより、位相アライメントされた追跡を実行することができる。或いは、この代わりに、2つのタイプの2チャンネルを組み合わせることで、全複素大規模バンク相関器を実装することもできる。

**【0028】**

タイプ2のチャンネルにおいては、符号生成器の出力は、プログラム可能な遅延ステージのバンクに送信される。従って、大規模バンク相関器の1024ポイントの間のチップ間隔は、ソフトウェア制御を介した相関空間のズームアウトビュー及びズームインビューが可能となるように、実行時において構成することができる。更には、符号生成器の全体チップ位相を前進させることによってズームインビューを時間に伴って又は仮想チャンネルに跨って拡張することにより、信号品質監視及びスプーファ検出などの相関空間状況認識アプリケーションの極めて高分解能の相関空間能力をサポートすることもできる。レプリカ符号及び搬送波、遅延、半複素及び全複素動作モードの間における選択を決定するパラメータのうちのいずれかをパケットI/Oインターフェイス62~65によって形成されたパケット化されたインターフェイスを介して変更することにより、相関器ハードウェアを相応して再構成することができることを理解されたい。

**【0029】**

システム制御部56は、パースト転送を介して結果を取得し、且つ、仮想チャンネル内においてレプリカ信号を生成する数値制御発振器 (NCO) 及び符号生成器をプログラムするために使用される新しいコマンドをアップロードする。受信するパケットは、現在のエポックの前半のいずれかの時点において受信されるものと予想される。新しいデータが入力FIFO内において利用可能となった際に、受信機プラットフォーム52~54と関連するパケットデコーダが、システム制御部からの新しいコマンドを解析し、新しいコマンドを適切なチャンネルにルーティングし、そこで、それらのコマンドは、次のエポックにおいて適用される時点まで保持される。従って、所与のコマンドの組と関連する相関結果は、コマンドが発行されてから2エポックの後に、システム制御部56において受信される

10

20

30

40

50

。

## 【 0 0 3 0 】

本発明の一態様によれば、システム制御部 5 6 は、複数の受信機プラットフォーム 5 2 ~ 5 4 からの相関結果を利用して信号位置検出の効率及び精度を増大させることができる。個々のアンテナ素子の出力は、事実上、放射源の空間的取消 (spatial cancellation of emitters) を可能にするべく、デジタルビームフォーミングのために合成される。ビームフォーミングのアルゴリズムは、最小分散 (MV:Minimum Variance)、最小分散無歪応答 (MVDR:Minimum Variance Distortion-less Response)、及びバイアス制約を伴う適合型フィルタリングなどの空間アレイ重みの演算のための様々な最適化基準を利用することができる。デジタルビームフォーミングの重み付けの演算のためのアルゴリズムは、い

10

## 【 0 0 3 1 】

異なるアレイ要素の間における信号共分散は、時間フィルタの出力におけるダウンサンプリングされた GPS 信号に基づいて演算される。放射源が存在しない場合には、この行列は、対角形を有する。放射源の存在により、非ゼロ非対角形の項が導入される。信号共分散の推定値は、重み付け演算手順に直接的に導入される。相関前の放射源の特徴判定に加えて、再構成可能な受信機アーキテクチャを使用することにより、放射信号の特徴を判定するその他の方法を利用することも可能になる。具体的には、相関前の特徴判定は、例

20

## 【 0 0 3 2 】

恐れは、相関後の方式を使用することにより、効率的に識別することが可能であり、この場合には、1 ミリ秒の相関出力を使用することにより、アレイビームを複数の方向において操向 (steer) する。衛星のもの以外の角度方向におけるローカルエネルギーの最大値によって放射信号が識別される。次いで、信号追跡の品質に対するこれらの追加的に観察される干渉源の影響を抑圧するために制約をゼロ化することにより、デジタルビームフォーミングのアルゴリズムを増強することができる。安定した信号追跡のために、フェーズドアレイの出力を拡張された期間 (20 ms 以上) にわたってコヒーレントに蓄積する

30

## 【 0 0 3 3 】

図示のシステムにおいては、信号蓄積結果は、従来の追跡ループを伴うことなしに、信号パラメータを直接的に推定するために適用されている。オープンループ追跡により、GPS 相関空間から信号パラメータが直接的に推定されており、これは、符号位相に対する複素相関出力と、1 ミリ秒の相関エンジンによって実装された符号及び搬送波サーチ空間からのドップラーシフトと、として表される。オープンループ追跡の使用は、劣化した信号環境における安定した性能のために特に有益であり、その理由は、一般的には 1 又は 2 秒である追跡ループプルイン時間 (tracking loop pull-in time) を必要とすることなしに時間損失の後の信号追跡状態の即座の回復が実現されるからである。最後に、制御システムは、符号及び搬送波位相などのオープンループ信号推定結果を位置、速度、及びタイミングの解決策を演算するために適用することができる。

40

## 【 0 0 3 4 】

図 3 は、システム制御部から 1 つ又は複数の受信機プラットフォームに送信されるパケ

50

ットブロックの一例を示すテーブル100である。パケットブロック100は、ホストシーケンスパケット（HSP:Host Sequence Packet）102と、タイプ1の複数の相関器バンクに対するタイプ1のチャンネルコマンドパケット104と、タイプ2の複数の相関器バンクに対するタイプ2のチャンネルコマンドパケット106と、任意選択により、受信機プラットフォームにおいてレジスタを構成すると共にそれらに問い合わせるためのジャンボデータパケット108及び複数のレジスタI/Oパケット110を含む。パケットブロック内のそれぞれのパケットは、データペイロードと、ヘッダとを有することが可能であり、ヘッダは、パケットのプリアンブルとして使用されるバージョン番号、ヘッダ長、合計パケット長、発信元アドレス、及び宛先アドレスを含む。

#### 【0035】

ホストシーケンスパケット（HSP）は、システム制御部と受信機プラットフォーム間の通信の完全な監視のために使用される。動作の際に、設定フラグがアサートされた際に、受信機の内部シーケンスカウンタは、ホストシーケンスパケットによって供給されたホストシーケンス番号に設定され、且つ、送出クライアントシーケンスパケットのエラーフィールド内に出現しているであろう任意のエラーフラグがクリアされる。後のエポックにおいて、ホストは、1の増分を有するシーケンスパケットを送信しなければならない。増分が次のエポックにおいて受信されない場合には、相関器は、クライアントシーケンスパケットのエラーフラグをアサートしてシーケンスの不整合について通知する。24ビットのシーケンス番号は、最大値に到達した際に、ゼロにロールバックすることになる。

#### 【0036】

更新がデコードされて内部相関器に適用された際に、ホストシーケンス番号は、相関器内の時間レジスタにコピーされる。この値は、その後、相関器出力が収集されて相関器によってパケット化される際に同一のエポックにおいて送出クライアントシーケンスパケットにコピーされる。従って、ホストは、相関結果をそれらの処理のために使用されたNCO更新と関連付けるために、シーケンス番号を使用することもできる。

#### 【0037】

コマンドパケット104及び106は、それぞれの個々の相関器システムの動作を決定するパラメータを収容している。それぞれのコマンドパケットのペイロードは、レプリカ符号の搬送波及び符号NCOレート及び位相状態を規定するパラメータと、符号生成器モードと、同相成分又は直交位相成分を出力するための半二重相関器に対する命令と、符号生成器の間隔を規定するパラメータと、符号 - 位相状態を即座に前進又は遅延させるための命令と、レジスタI/Oコマンド及びクエリと、空間 - 時間適合処理（STAP）の重み及び遅延を動的に変更するための命令とを含むことができる。最初の3つのパケットタイプ102、104、及び106は、これらのパケットを取り扱うためにホストソフトウェアメモリ領域を割り当て一度だけロックすることができるように、初期チャンネルセットアップの後に、固定長を有する。ジャンボパケット108は、固定長であってもよく、或いは、そうでなくてもよい。レジスタI/Oパケット110のタイプ及び数は、ホストソフトウェアが相関器を制御し、相関器に対して問い合わせる方式に応じて、全般的に変化することになる。従って、これらのパケットタイプは、ソフトウェア内におけるパケットのエンコーディングが最小値に維持されるように、最後に規定される。即ち、固定長パケットが規定されたら、ソフトウェアは、ペイロードを変更することにより、全体的なパケット構造を完全な状態に残すだけでよい。

#### 【0038】

図4は、受信機プラットフォームからシステム制御部に送信されるパケットブロックの一例を示すテーブル150である。パケットブロック150は、クライアントシーケンスパケット（CSP:client sequence packet）152と、タイプ1の複数の相関器バンクに対するタイプ1のチャンネル出力154と、タイプ2の複数の相関器バンクに対するタイプ2のチャンネル出力156と、任意選択により、以前のエポックにおいて発行されたクエリに対する回答を表すレジスタI/Oパケット158を含む。クライアントシーケンスパケット152は、ホストシーケンスパケットとの組合せにおいて、上述のように、通信の完

10

20

30

40

50

全な維持を支援する。チャンネル出力154及び156は、様々な相関器バンクからの相関結果を表している。

【0039】

以上における上述の構造的且つ機能的特徴に鑑み、例示用の方法については、図5を参照することにより、更に十分に理解することができよう。説明を簡潔にするために、図5の方法は、逐次的に稼働するものとして図示及び説明されているが、その他の例においては、いくつかの動作は、本明細書に図示及び記述されているものとは異なる順序において実行することも可能であり、或いは、同時に実行することも可能であることから、本発明は、図示の順番に限定されるものではないことを理解及び認識されたい。

【0040】

図5は、本発明の一態様によるパケット化されたインターフェイスを利用する方法200を示している。202において、レプリカ信号を規定するパラメータをシステム制御部において第1パケット内においてエンコードしている。一実装形態においては、エンコードされたパラメータは、ホストシーケンス値を含むことができる。204において、第1パケットを受信機プラットフォームに送信している。一実装形態においては、第1パケットは、新しい構成パラメータを受信機プラットフォームに供給するべく、1ミリ秒ごとに送信されている。206において、規定されたレプリカ信号を受信機プラットフォームにおいて生成し、且つ、208において、受信信号と比較して相関結果を供給している。210において、相関結果を第2パケット内においてエンコードしており、且つ、212において、第2パケットをシステム制御部に送信している。

【0041】

一実装形態においては、所定の期間にわたって複数の受信機プラットフォームから送信された個々の第2パケットからの相関結果を合成することにより、受信信号の少なくとも1つの特徴を判定することができる。ホストシーケンス値が存在する実装形態においては、システム制御部は、ホストシーケンス値を使用して第1パケット内のレプリカ信号を第2パケット内の相関結果に対してマッチングしている。別の実装形態においては、相関結果を複数の受信機プラットフォームに跨って組み合わせることにより、受信信号の特徴を判定している。例えば、受信機プラットフォームが移動可能である場合には、複数の受信機プラットフォームからの相関結果を組み合わせることで大きなアパーチャの合成アンテナを形成するように、それらの受信機プラットフォームを緊密な隊形において維持することができる。

【0042】

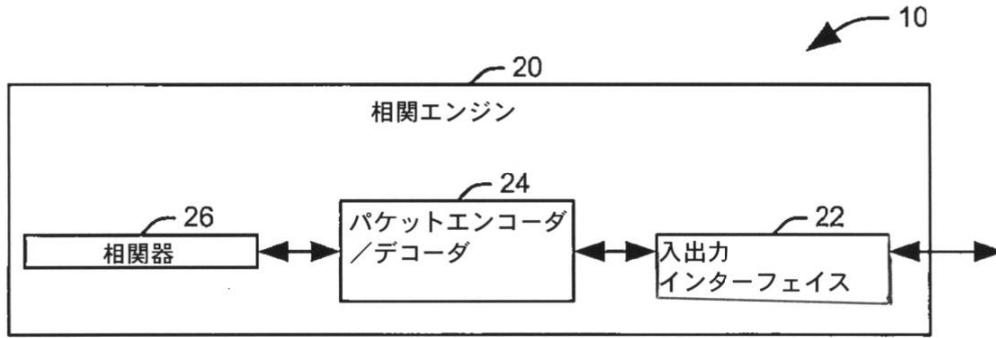
以上、本発明について例示によって開示した。従って、本開示の全体を通じて利用されている用語は、限定を目的としたものではなく、例示を目的としたものとして解釈することを要する。当業者には本発明の小規模な変更が想起されるであろうが、本発明が寄与する当技術分野の進歩の範囲に合理的に含まれるすべての実施形態が、本発明に付与される特許の範囲に含まれるものと解釈され、且つ、この範囲は、添付の請求項及びその均等物に鑑みた場合を除いて、限定されないことを理解されたい。

10

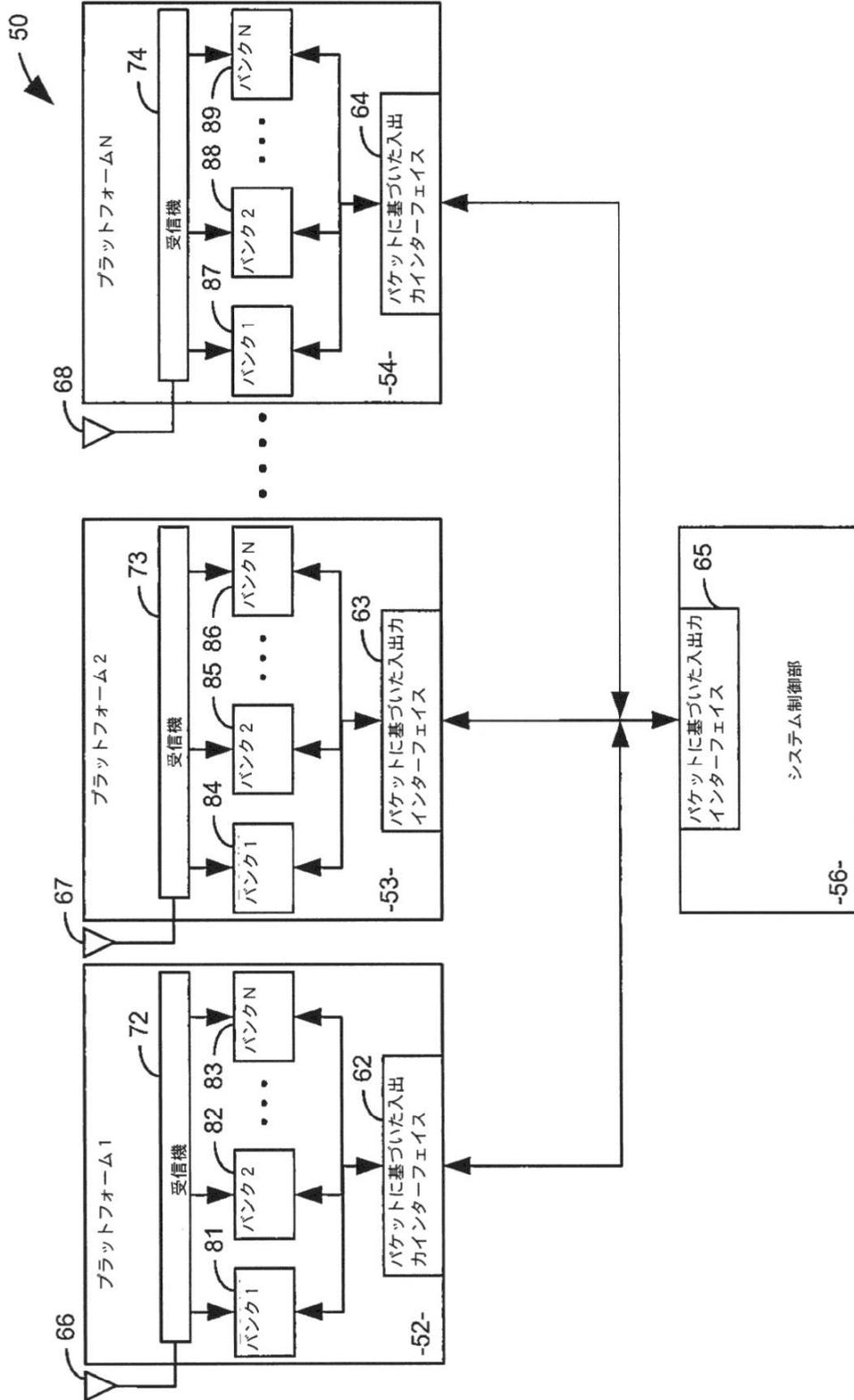
20

30

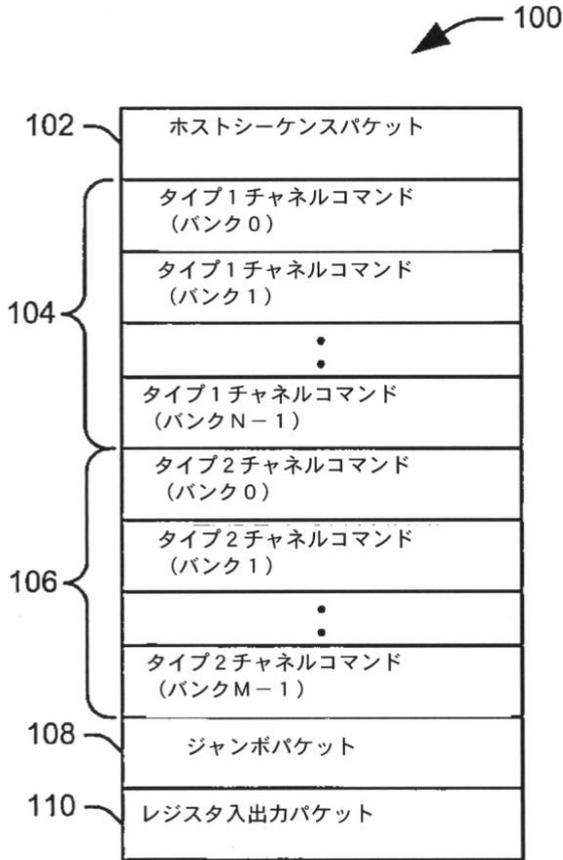
【図1】



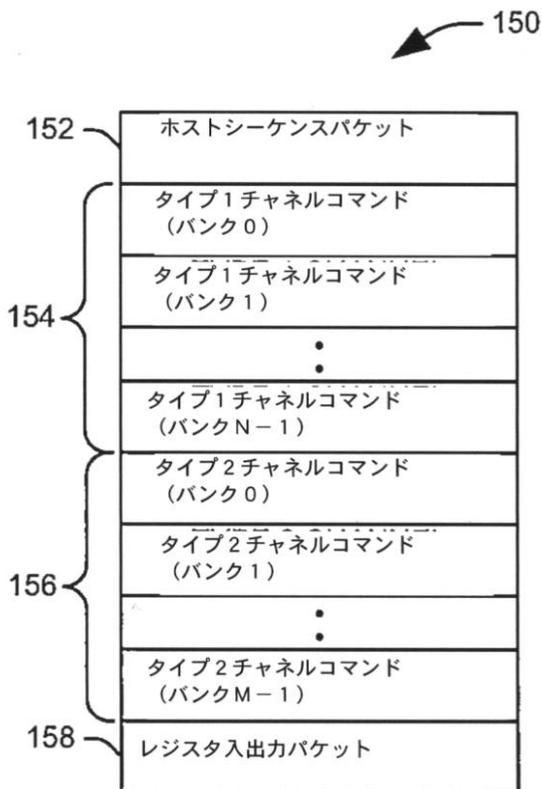
【図2】



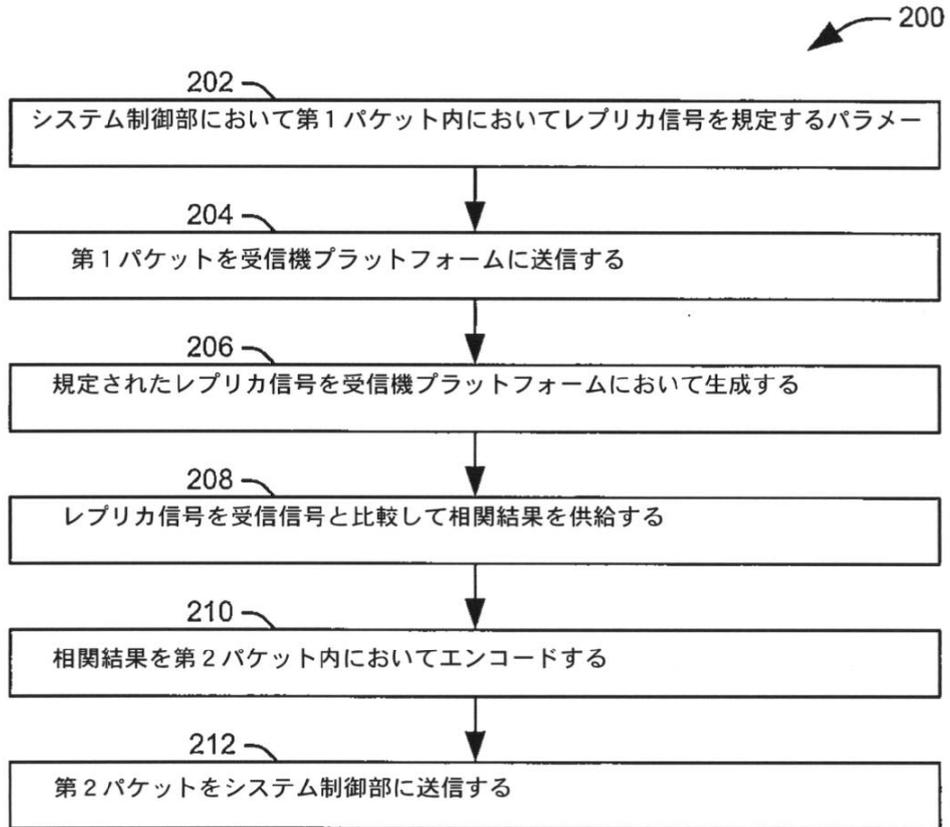
【 図 3 】



【 図 4 】



【図5】



## フロントページの続き

- (72)発明者 グナワラデナ、サンジーブ  
アメリカ合衆国 45701 オハイオ州 アセズ ストッカー センター 217
- (72)発明者 ディックマン、ジェフ  
アメリカ合衆国 91360 カリフォルニア州 サウザンド オークス カーレ ピナタ 10  
19
- (72)発明者 コスグローブ、マシュー  
アメリカ合衆国 91367 カリフォルニア州 ウッドランド ヒルズ アーウィン ストリー  
ト 22111 アール121

審査官 羽岡 さやか

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2009/0149202 (US, A1)  
特開2007-271499 (JP, A)  
特開2010-206256 (JP, A)  
米国特許出願公開第2009/0066574 (US, A1)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 1/709  
H04W 4/02  
G01S 1/00-19/55