

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5736156号
(P5736156)

(45) 発行日 平成27年6月17日(2015.6.17)

(24) 登録日 平成27年4月24日(2015.4.24)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 5/055 (2006.01)

A 6 1 B 5/05 3 9 0

A 6 1 B 5/05 3 7 2

請求項の数 7 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2010-259752 (P2010-259752)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成22年11月22日(2010.11.22)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2011-110422 (P2011-110422A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(43) 公開日	平成23年6月9日(2011.6.9)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
審査請求日	平成25年11月18日(2013.11.18)		番
(31) 優先権主張番号	12/625,843	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成21年11月25日(2009.11.25)		弁理士 荒川 聡志
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気共鳴データの無線通信のためのシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁気共鳴 (MR) データを無線で送信する方法 (300) であって、
 RF コイル内の無線周波数 (RF) チャンネルから、ラーモア周波数を有する少なくとも 1
 つの MR 信号を得るステップであって、前記 RF コイルが複数の RF チャンネルを備え、各
 RF チャンネルが単一の撮像エレメントに関連付けられる、ステップ (ステップ 302) と
 、
 前記 MR 信号に基づいて変調信号を発生するステップ (ステップ 304) と、
 所定の周波数を有するキャリア信号を発生するステップであって、前記所定の周波数が前
 記 RF チャンネルに関連付けられる、ステップ (ステップ 306) と、
 前記変調信号を用いて前記キャリア信号を位相変調して位相変調された信号を形成するス
 テップ (ステップ 308) と

を含み、

前記方法 (300) が、前記位相変調された信号の周波数を第 1 の所定の係数だけ逡倍する
 ステップ (ステップ 310) であって、前記第 1 の所定の係数が約 1 から 100 の範囲に
 ある、ステップをさらに含む、方法 (300)。

【請求項 2】

磁気共鳴 (MR) データを無線で送信する方法 (300) であって、
 RF コイル内の無線周波数 (RF) チャンネルから、ラーモア周波数を有する少なくとも 1
 つの MR 信号を得るステップであって、前記 RF コイルが複数の RF チャンネルを備え、各

10

20

R F チャンネルが単一の撮像エレメントに関連付けられる、ステップ（ステップ 302）と、
前記 M R 信号に基づいて変調信号を発生するステップ（ステップ 304）と、
所定の周波数を有するキャリア信号を発生するステップであって、前記所定の周波数が前
記 R F チャンネルに関連付けられる、ステップ（ステップ 306）と、
前記変調信号を用いて前記キャリア信号を位相変調して位相変調された信号を形成するス
テップ（ステップ 308）と
を含み、
前記方法（30）が、R F スイッチアレイ（202）を用いて、送信するための R F チャ
ネルを選択するステップと、
前記位相変調された信号を、第 2 の所定の係数だけアップコンバートするステップであつて、前記第 2 の所定の係数が前記選択された R F チャンネルに関連付けられ、前記第 2 の所定の係数が約 1 から 100 の範囲にある、ステップをさらに含む、方法（300）。

10

【請求項 3】

磁気共鳴（M R）データを無線で送信する方法（300）であって、
R F コイル内の無線周波数（R F）チャンネルから、ラーモア周波数を有する少なくとも 1
つの M R 信号を得るステップであって、前記 R F コイルが複数の R F チャンネルを備え、各
R F チャンネルが単一の撮像エレメントに関連付けられる、ステップ（ステップ 302）と
、
前記 M R 信号に基づいて変調信号を発生するステップ（ステップ 304）と、
所定の周波数を有するキャリア信号を発生するステップであって、前記所定の周波数が前
記 R F チャンネルに関連付けられる、ステップ（ステップ 306）と、
前記変調信号を用いて前記キャリア信号を位相変調して位相変調された信号を形成するス
テップ（ステップ 308）と
を含み、
前記方法（30）が、R F スイッチアレイ（202）を用いて、送信するための R F チャ
ネルを選択するステップと、
前記位相変調された信号を周波数分割多重化するステップをさらに含み、
前記周波数分割多重化するステップが、
プログラブル周波数発振器（502）を用いて基準信号を発生するステップと、
前記基準信号に基づいて複数のキャリア信号を発生するように直接デジタルシンセサイザ（505、506、および 507）のアレイを構成するステップであって、各キャリア信号が固定キャリア周波数を有し、前記固定キャリア周波数が前記選択された R F チャンネルを表す、ステップと、
を含む、方法（300）。

20

30

【請求項 4】

磁気共鳴（M R）データを無線で送信する方法（300）であって、
R F コイル内の無線周波数（R F）チャンネルから、ラーモア周波数を有する少なくとも 1
つの M R 信号を得るステップであって、前記 R F コイルが複数の R F チャンネルを備え、各
R F チャンネルが単一の撮像エレメントに関連付けられる、ステップ（ステップ 302）と
、
前記 M R 信号に基づいて変調信号を発生するステップ（ステップ 304）と、
所定の周波数を有するキャリア信号を発生するステップであって、前記所定の周波数が前
記 R F チャンネルに関連付けられる、ステップ（ステップ 306）と、
前記変調信号を用いて前記キャリア信号を位相変調して位相変調された信号を形成するス
テップ（ステップ 308）と
を含み、
前記変調信号を発生するステップ（304）が、
前記ラーモア周波数を有する前記 M R 信号を、中間周波数を有する周波数変換された信号に変換するステップと、

40

50

前記周波数変換された信号を前記変調信号として用いるステップと、
を含む方法（３００）。

【請求項５】

前記中間周波数が前記ラーモア周波数より低く、約１ＭＨｚから３ＭＨｚの範囲にあることを特徴とする請求項４に記載の方法（３００）。

【請求項６】

請求項１乃至５のいずれかに記載の方法（３００）の各ステップをコンピュータに実行させるための命令を含む、コンピュータ可読プログラム。

【請求項７】

ＭＲデータを通信するためのＭＲＩ装置用のＲＦモジュール（１００）において、
前記ＭＲデータを含む位相変調された信号を送信するように構成された送信器（１０２）
を備え、前記送信器（１０２）が、
基準信号を生じるように構成されたプログラマブル周波数発振器（５０２）と、
前記プログラマブル周波数発振器（５０２）に結合され、前記基準信号を複数のＲＦチャ
ネルに供給するように構成されたチャンネル分割器（５０４）と、
前記チャンネル分割器（５０４）に結合された直接デジタルシンセサイザ（ＤＤＳ）（５０
５、５０６、および５０７）のアレイであって、ＤＤＳ（５０５、５０６、および５０７
）のアレイ内の各ＤＤＳが単一のＲＦチャンネルに関連付けられ、さらに前記基準信号に基
づいて固定周波数キャリア信号を発生するように構成され、前記固定周波数が前記関連す
るＲＦチャンネルに対応する、直接デジタルシンセサイザ（ＤＤＳ）のアレイと、
前記ＤＤＳ（５０５、５０６、および５０７）のアレイに結合された変調器（５１０、５
１１、および５１２）のアレイであって、変調器（５１０、５１１、および５１２）のア
レイ内の各変調器が単一のＤＤＳに結合され、前記ＤＤＳにて発生された前記固定周波数
キャリア信号を変調して位相変調された信号を形成するように構成される、変調器のアレ
イと、
前記変調器（５１０、５１１、および５１２）のアレイに結合された高調波発生器（５１
５、５１６、および５１７）のアレイであって、高調波発生器（５１５、５１６、および
５１７）のアレイ内の各高調波発生器が、前記位相変調された信号を所定の係数だけ逡倍
するように構成される、高調波発生器のアレイと、
前記高調波発生器（５１５、５１６、および５１７）のアレイに結合されたチャンネルコン
バイナ（５２５）であって、前記高調波発生器（５１５、５１６、および５１７）のアレ
イからの１つまたは複数の出力を組み合わせるように構成された、チャンネルコンバイナ（
５２５）と、
を備え、
ＲＦモジュール（１００）が、前記送信器（１０２）に無線で接続され、後続のデータ処
理および画像再構成のために、前記位相変調された信号を受信するように構成された受信
器（１０４）を備える、
ＲＦモジュール（１００）。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、一般に磁気共鳴撮像（ＭＲＩ）装置に関し、より詳細には、ＭＲＩ装置の無
線周波数（ＲＦ）コイルから、ＲＦコイルとは空間的に分離された受信器へアナログ磁気
共鳴（ＭＲ）信号を無線で送信するためのデバイスおよび方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

通常のＭＲＩ装置では、撮像情報を検知するために通常はＲＦコイルが用いられる。Ｒ
Ｆコイルは、いくつかの撮像エレメントと、撮像エレメントに対応する受信コイルとを備
える。ＲＦコイルは、ＲＦコイル内の受信コイルおよび撮像エレメントの数に応じたいく

10

20

30

40

50

つかの同軸ケーブルを通じて、１つまたは複数の画像再構成エンジンに接続される。受信コイルとケーブルとが互いに近接していることにより、ゴースト、低い信号対雑音比、さらには時には定在波を生じ得る。これらは複数ＲＦチャンネル並列撮像用途では、より重大となる。

【０００３】

上記の問題に対する実行可能な解決策は、受信コイルと画像再構成エンジンの間を走る同軸ケーブルをなくし、それによりＲＦ（受信）コイルと画像再構成エンジンの間のＭＲデータの無線送信を使用することである。振幅変調、直接周波数変調、およびデジタル変調技術を用いた無線手段によるＭＲデータの送信について実験が行われてきた。

【０００４】

10

画像の正確な再構成のためには、受信コイルによって検知されたＭＲ信号の振幅および位相の完全性が保たれる必要がある。振幅変調に関連する１つの制約は、振幅変調された信号が増幅器およびミキサ段に含まれる能動半導体デバイスの雑音、振幅および位相非線形性に非常に影響されやすいことである。

【０００５】

一方、周波数変調は、復調器の忠実度が主として周波数変動に依存するので、ＲＦチャンネル雑音、振幅および位相非線形性の影響を受けにくい。しかし、周波数変調技術は、非常に大きい帯域幅を消費する。周波数変調に関連するもう１つの制約は、直接周波数変調の実装に、高安定度の単周波数電圧制御発振器（ＶＣＯ）が必要となり得ることである。加えて、ＶＣＯの変調によりその周波数が不安定にならないことを確実にするために、閉ループ周波数制御システムなどの周波数安定化回路を含むことが必要となり得る。さらにＶＣＯの異なる中心周波数に対して、変調指数が異なり得る。

20

【０００６】

デジタル変調を用いる他のオプションは、関連するサンプリング回路を有する、各ＲＦチャンネルごとの高ダイナミックレンジのアナログ－デジタル変換器（ＡＤＣ）、サンプリングクロック回路、およびＲＦコイルの他の関連するデジタル回路が必要となり得る。この技術に関連する１つの制約は、等価なデジタル情報へのＭＲ信号のサンプリングおよび変換のプロセスに時間がかかり得ることである。

【０００７】

デジタル変調技術に関連するもう１つの制約は、アナログ－デジタル変換器が有限のダイナミックレンジを有するので、受信チェーン内で相当な振幅歪が生じると、アナログ－デジタル変換器に過負荷を引き起こし、クリップされたデジタル信号あるいは誤った量子化データを生じ得ることである。同様に信号がダイナミック量子化範囲の下限にあるときは、量子化プロセスはかなりの量子化雑音を導入し得る。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００８】

【特許文献１】米国特許第７３２３８７６号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【０００９】

したがって、高い周波数安定度をもつ変調信号の高い再生忠実度を有し、外部電磁干渉の影響を受けず、大量での生産が実現可能で経済的であり、維持することが容易な通信アーキテクチャを構築する必要がある。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

上記の短所、欠点、および問題は本明細書において対処され、以下の明細書を読み理解することによって理解されよう。

【００１１】

一実施形態では、磁気共鳴（ＭＲ）データを無線で送信する方法が提供される。この方

50

法は、RFコイル内の無線周波数(RF)チャネルから、ラーモア周波数を有する少なくとも1つのMR信号を得るステップと、MR信号に基づいて変調信号を発生するステップと、所定の周波数を有するキャリア信号を発生するステップであって、所定の周波数はRFチャネルに関連付けられる、ステップと、変調信号を用いてキャリア信号を位相変調して位相変調された信号を形成するステップとを含む。

【0012】

もう1つの実施形態では、MRデータを通信する方法が提供される。この方法は、少なくとも1つの位相変調された信号を無線で送信するステップと、位相変調された信号を複数のアンテナを用いて受信器にて受信するステップと、受信器での復調のために、複数のアンテナの少なくとも1つから位相変調された信号を選択するステップと、位相変調された信号をダウンコンバートして中間周波数信号を得るステップと、中間周波数信号を復調器に印加することによって中間周波数信号を復調するステップと、復調された信号を、画像情報を処理するための量子化器に供給するステップとを含む。

10

【0013】

他の実施形態では、コンピュータ可読媒体に記憶されたコンピュータ可読プログラムであって、MRデータを通信する方法を実行するための命令を含む、コンピュータ可読プログラムが提供される。この命令は、少なくとも1つの位相変調された信号を無線で送信するルーチンと、送信された位相変調された信号を受信アンテナによって検知するルーチンと、受信した位相変調された信号を増幅して信号強度を高めるルーチンと、増幅された位相変調された信号をダウンコンバートして中間周波数信号を得るルーチンと、中間周波数信号を復調器に印加することによって中間周波数信号を復調するルーチンと、復調された信号を、画像情報を処理するための量子化器に供給するルーチンとを含む。

20

【0014】

他の実施形態では、MRデータを通信するためのMRI装置用のRFモジュールが提供される。RFモジュールは、MRデータを含む広帯域の位相変調された信号を送信するように構成された送信器と、送信器に無線で接続され、後続のデータ処理および画像再構成のために、位相変調された信号を受信するように構成された受信器とを備える。送信器は、MR信号を得るために1つまたは複数のRFチャネルの順次励起に対応するように構成されたRFスイッチアレイと、ラーモア周波数にて得られたMR信号を、中間周波数を有する周波数変換された信号に変換するように構成された局部発振器と、所定の周波数を有するキャリア信号を発生するための固定周波数発振器であって、所定の周波数はRFチャネルに関連付けられる、固定周波数発振器と、周波数変換された信号を用いてキャリア信号を位相変調して位相変調された信号を形成するように構成された変調器と、位相変調された信号の周波数を第1の所定の係数だけ通倍するための高調波発生器とを備える。

30

【0015】

他の実施形態では、MRデータを通信するためのMRI装置用のRFモジュールが提供される。RFモジュールは、MRデータを含む位相変調された信号を送信するように構成された送信器と、送信器に無線で接続され、後続のデータ処理および画像再構成のために、位相変調された信号を受信するように構成された受信器とを備える。送信器は、基準信号を生じるように構成されたプログラマブル周波数発振器と、プログラマブル周波数発振器に結合されたチャネル分割器であって、基準信号を複数のRFチャネルに供給するように構成されたチャネル分割器と、チャネル分割器に結合された直接デジタルシンセサイザ(DDS)のアレイであって、DDSのアレイ内の各DDSは、単一のRFチャネルに関連付けられ、基準信号に基づいて固定周波数キャリア信号を発生するように構成され、固定周波数は関連するRFチャネルに対応する、直接デジタルシンセサイザ(DDS)のアレイと、DDSのアレイに結合された変調器のアレイであって、変調器のアレイ内の各変調器は単一のDDSに結合され、DDSにて発生された固定周波数キャリア信号を変調して位相変調された信号を形成するように構成される、変調器のアレイと、変調器のアレイに結合された高調波発生器のアレイであって、高調波発生器のアレイ内の各高調波発生器は、位相変調された信号の周波数を第1の所定の係数だけ通倍するように構成される、高

40

50

調波発生器のアレイと、高調波発生器のアレイに結合されたチャネルコンバイナであって、高調波発生器のアレイからの１つまたは複数の出力を組み合わせるように構成されたチャネルコンバイナとを備える。

【 0 0 1 6 】

本明細書では、様々な範囲のシステムおよび方法について述べられる。図面を参照し、以下の詳細な説明を参照することによって、この概要で述べられる態様および利点に加えて、他の態様および利点が明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 7 】

【図 1】一実施形態で述べられるMRI装置におけるRFモジュールのブロック図である 10

【図 2】一実施形態で述べられるMRI装置のRFモジュール内の送信器を表すブロック図である。

【図 3】一実施形態で述べられるMRデータを送信する方法を表す流れ図である。

【図 4】図 2 に示される送信器の例示のブロック図である。

【図 5】他の実施形態で述べられる送信器のブロック図である。

【図 6】一実施形態で述べられるMRI装置のRFモジュールにおける受信器を表すブロック図である。

【図 7】図 6 に示される受信器の例示のブロック図である。

【図 8】一実施形態で述べられるMRデータを通信する方法を表す流れ図である。 20

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 8 】

以下の詳細な説明では、本明細書の一部となり、実施することができる特定の実施形態が説明のために示される添付の図面を参照する。これらの実施形態は、当業者が実施形態を実施できるようにするのに十分に詳細に説明され、他の実施形態を使用し得ること、ならびに実施形態の範囲を逸脱せずに論理的、機械的、電気的、および他の変更を行い得ることを理解されたい。したがって以下の詳細な説明は、限定的な意味で捉えられるべきではない。

【 0 0 1 9 】

一般に、MRI装置は、磁気共鳴(MR)データ取得のための磁石組み立て体の内腔内に、走査されるべき被験者を位置決めするための患者位置決めシステムと、磁石の内腔の周囲に分極磁界を印加するための一様磁界発生器と、被験者内の原子核を励起するためのRF磁界発生器とを備える。MRI装置はさらに、被験者内の励起された原子核から結果として生じる信号を検知するためのRFコイルを備える。RFコイルは複数のRFチャネルを備え、各RFチャネルは単一の撮像エレメントに関連付けられる。MRI装置はさらに、RFコイルに結合されたRFモジュールを備える。 30

【 0 0 2 0 】

図 1 に示す一実施形態では、MRデータを通信するためのMRI装置内に組み込まれた無線RFモジュール 100 が示される。MRデータとは、MRI装置のRFコイルによって検知される一連のMR信号を表すために用いられる用語である。RFモジュール 100 は、MR信号でキャリア信号を変調するように構成され、さらに少なくとも1つの変調されたMR信号を、MRI装置から離れて配置された受信器 104 に無線で送信するように構成された送信器 102 を備える。受信器 104 は、送信器 102 に無線で接続され、後続のデータ処理および画像再構成のために、変調されたMR信号を受信するように構成される。 40

【 0 0 2 1 】

RFコイルによって検知されたMR信号は、通常はラーモア周波数にある。通常の用途(基本磁界 1.5 T、水または水素の検出)の場合のラーモア周波数は、たとえば 63.6 MHz となる。送信器 102 は、ラーモア周波数にて得られたMR信号を、中間周波数を有する周波数変換された信号に変換するように構成された局部発振器 106 を備える。 50

M R 信号を周波数変換された信号に変換するプロセスは、ダウンコンバージョンと呼ばれる。中間周波数は構成可能であり、典型的には、全体的なM R データが1 M H z の帯域にあるので、2 M H z 程度になるように選択される。このようにして得られた周波数変換された信号は、変調信号として用いられる。

【 0 0 2 2 】

送信器 1 0 2 はさらに、所定の周波数を有するキャリア信号を発生するための固定周波数発振器 1 0 8 を備える。所定の周波数は、典型的には選択された R F チャネルに関連付けられる。固定周波数発振器 1 0 8 は、たとえば約 1 0 0 M H z の中心周波数を有する、高安定度の温度補償型水晶発振器を備えることができる。しかし固定周波数発振器 1 0 8 の中心周波数は異なり得る。したがって、望ましい周波数範囲に応じて、1 0 0 M H z より低い中心周波数を有する固定周波数発振器を用いることもできる。さらにキャリア信号は、直接デジタルシンセサイザまたは通常の位相ロックループをベースとするシンセサイザを用いて、温度補償型水晶発振器から合成することができる。

10

【 0 0 2 3 】

このようにして発生されたキャリア信号の位相は、変調信号を用いて変調される。したがって送信器 1 0 2 は、周波数変換された信号を用いてキャリア信号を位相変調して位相変調された信号を形成するように構成された変調器 1 1 0 を備える。一実施形態では変調器 1 1 0 は、位相制御端子を通じて印加される外部電圧を用いて、キャリア信号の位相を変化するように構成された電圧制御位相シフトを備える。位相変調された信号を得るために、電圧制御位相シフトの位相制御端子に変調信号が印加される。

20

【 0 0 2 4 】

もう 1 つの実施形態では、変調器 1 1 0 は、少なくとも 1 つの直交結合器と、1 つまたは複数のバラクタダイオードの組合せを備える。バラクタダイオードは直列に構成され、バラクタダイオードのカソードは、R F C (無線周波数チョーク) を通じて共通の変調入力端子に結合される。変調信号は、R F C を通じてバラクタダイオードのカソードに印加される。

【 0 0 2 5 】

他の実施形態では、変調器 1 1 0 は、少なくとも 1 つのインダクタ (L) - コンデンサ (C) 共振器と、1 つまたは複数のバラクタダイオードの組合せを備える。直列または分路インダクタ - コンデンサ共振器構成は、位相変調を達成するためにバラクタダイオード (電圧チューナブルコンデンサ) と共に用いることができる。しかし、直交結合器をベースとする変調器 1 1 0 の方が、変調に対する応答の、より良い予測性を示す。

30

【 0 0 2 6 】

送信器 1 0 2 は、位相変調された信号を、送信器 1 0 2 に無線で接続された受信器 1 0 4 に送信するように構成される。図 1 に示されるように受信器 1 0 4 は、位相変調された信号を受信するために送信器 1 0 2 と無線通信するアンテナ装置 1 1 2、受信した位相変調された信号から変調信号を再び取得するための、アンテナ装置 1 1 2 に結合された復調器 1 1 4 と、復調器 1 1 4 に結合された量子化器 1 1 6 とを備える。量子化器 1 1 6 は、画像再構成のために変調信号を処理するための、複数のデジタルデータ処理ブロックを備える。

40

【 0 0 2 7 】

図 2 は、もう 1 つの実施形態として述べる、送信器 1 0 2 の詳細ブロック図を示す。図 1 に関連して示された構成要素の他に、送信器 1 0 2 は追加の構成要素を備える。図 1 の要素と同じまたは対応する要素は、同じ参照番号によって示され、それによりその意味で説明を繰り返す必要はなく、違いのみを扱う。

【 0 0 2 8 】

ここで述べる R F モジュール 1 0 0 は、M R データを得るために R F チャネルの順次励起を必要とする用途に対応するように構成された R F スイッチアレイ 2 0 2 によって、時分割多重化 (T D M) を可能にする。送信器 1 0 2 は、R F スイッチアレイ 2 0 2 によって、R F コイルの 1 つまたは複数の受信コイルに結合される。受信コイルは、被験者内の

50

励起された原子核によって放出される信号を検知するように構成される。励起シーケンスは、最終用途によって制御することができる。例示の実施形態では、RFスイッチアレイ202は、約64個のRFチャネルの励起を取り扱うように構成することができる。

【0029】

さらに図2に示されるように、送信器102は、局部発振器106に結合された中間周波数(IF)増幅器204を備えることができ、IF増幅器204は、周波数変換された信号を増幅するように構成される。IF増幅器204は、対数振幅検出器と、対数振幅検出器に結合された自動利得制御(AGC)ユニットとを備える。対数振幅検出器は、振幅制御パラメータを発生するように構成され、自動利得制御ユニットは、振幅制御パラメータに基づいてIF増幅器204の選択可能な増幅率を調整するように構成される。

10

【0030】

キャリア信号のアナログ位相変調は、単一の段では所望の大きさの変調を生じることができない場合があるが、周波数通倍器が使用される場合は、より信頼性が高くなる。この目的のために、送信器102はさらに、位相変調された信号の周波数を第1の所定の係数だけ通倍するために、変調器110に結合された高調波発生器(本明細書では周波数通倍器とも呼ばれる)206を備えることができ、それによって広帯域の位相変調された信号を生じさせる。第1の所定の係数は、望ましい最終周波数範囲に基づいて選択することができる。典型的には、第1の所定の係数は、約1から約100の範囲内にある。これは、位相変調された信号に対して、所望の大きさの位相偏移を達成し、それによって隣接する位相変調された信号の間に適度に大きな間隔をもたらす。

20

【0031】

各RFチャネルでは、広帯域の位相変調された信号は、そのRFチャネルに特有の異なる周波数にアップコンバートされる。これは、各RFチャネルの広帯域の位相変調された信号を異なる周波数にアップコンバートすることによって周波数分割多重化(FDM)を達成し、それによって様々なチャネルにて検知されるMR信号の同時送信を可能にする。

【0032】

位相変調されたキャリア信号は、考察中のRFチャネルを表す2.4GHz領域の周波数に、プログラマブル周波数発振器208を用いてアップコンバートされる。アップコンバージョン周波数は、用途および帯域の利用可能性によって決まる。たとえば、送信器102を900MHz領域で動作させることが望ましいときは、100MHzの周波数のキャリア信号を発生する局部発振器の代わりに、50MHzの周波数のキャリア信号を発生する局部発振器を用いることができる。50MHzの周波数を有するキャリア信号はさらに、500MHzの周波数を有する広帯域の位相変調された信号を得るために、約10の第1の所定の係数だけ通倍される。次いで、通倍された位相変調された信号の周波数は、プログラマブル周波数発振器208を用いて、900MHz領域にアップコンバートすることができる。これは、図4に関連してさらに説明する。

30

【0033】

図3に示される一実施形態では、MRデータを無線で送信する方法300が提供される。方法300は、ステップ302でラーモア周波数を有する少なくとも1つのMR信号を得るステップと、ステップ304でMR信号に基づいて変調信号を発生するステップとを含む。ステップ304で変調信号を発生する方法は、ラーモア周波数を有するMR信号を、中間周波数を有する周波数変換された信号に変換するステップと、周波数変換された信号を変調信号として用いるステップとを含む。一実施形態では、中間周波数はラーモア周波数より低く、ほぼ約1MHzから3MHzの範囲にある。この方法はさらに、ステップ306で所定の周波数を有するキャリア信号を発生するステップと、ステップ308で変調信号を用いてキャリア信号を位相変調して位相変調された信号を形成するステップとを含む。方法300はさらに、ステップ310で広帯域の位相変調された信号を得るために、位相変調された信号の周波数を第1の所定の係数だけ通倍するステップを含む。

40

【0034】

一実施形態では、方法300はさらに、位相変調された信号を周波数分割多重化するス

50

テップを含む。さらに、周波数分割多重化するステップは、プログラマブル周波数発振器を用いて基準信号を発生するステップと、基準信号に基づいて複数の固定周波数キャリア信号を発生するように直接デジタルシンセサイザのアレイを構成するステップとを含む。各固定周波数キャリア信号は、選択されたRFチャンネルに関連する固定周波数を示す。これは、図5に関連してさらに説明する。

【0035】

代替実施形態では、方法300はさらに、広帯域の位相変調された信号を、第2の所定の係数だけアップコンバートするステップを含み、第2の所定の係数は、選択されたRFチャンネルに関連付けられる。第2の所定の係数は、典型的には約1から100の範囲にある。位相変調された信号をアップコンバートするために、アップコンバージョンミキサと固定周波数発振器の組合せを使用することができる。この理由により、プログラマブル周波数発振器の制御入力に変調器110に接続され、その後に変調信号が供給される。これは、図4に関連してさらに説明する。

【0036】

他の実施形態は、キャリア発生器としてプログラマブル周波数発振器208を使用するステップと、さらに、各RFチャンネルごとに異なる周波数にてキャリア信号を発生するようにプログラマブル周波数発振器208をプログラムするステップを表す。このようにして各RFチャンネルにて発生されたキャリア信号は、位相が変調され、周波数が逡倍されて、各RFチャンネルごとに異なる周波数での広帯域のアナログ位相変調された信号を生じる。したがって各RFチャンネルは特有の周波数であるが、他のRFチャンネルと同時に動作し、それにより周波数分割多重化(FDM)をもたらす。

【0037】

方法300はさらに、位相変調された信号を時分割多重化(TDM)するステップを含む。時分割多重化は、RFスイッチアレイ202を用いて、送信するためのRFチャンネルを選択することによってもたらされる。

【0038】

図4は、一実施形態で述べられる送信器102の例示のブロック図である。図2に関連して述べた構成要素の他に、送信器102は追加の構成要素を備え、次にこれらについて詳細に述べる。RFスイッチアレイ202は、送信のためにRFコイルに結合されたRFチャンネルを選択する。選択されたRFチャンネルは、励起された原子核によって放出されるMR信号を検知するように構成された単一の受信コイルに関連付けられる。このようにして得られたMR信号は、低雑音増幅器402を用いて信号強度を高めるために増幅することができる。ラーモア周波数にて得られたMR信号は、始めにミキサ403を用いて約2MHzの周波数にダウンコンバートされる。

【0039】

ミキサ403には、局部発振器106から発振器信号が供給される。発振器信号は、ラーモア周波数 f_L の近傍であるがそれとは異なる局部発振器周波数 f を有する。局部発振器周波数 f とラーモア周波数 f_L の周波数差 f' は、典型的には1から3MHzの間にある。したがって中間周波数 f' は、ラーモア周波数 f_L よりかなり低くなる。

【0040】

したがってミキサ403の出力には2つの周波数信号、すなわち、ラーモア周波数 f_L と局部発振器周波数 f の和を有するものと、ラーモア周波数 f_L と局部発振器周波数 f の差を有するものが存在する。和周波数はローパスフィルタ404を用いて濾波され、それにより差 f' (中間周波数 f')を有する実質的に低い周波数の信号となったものがIF増幅器204に供給され、これは次いで、約100MHzの中心周波数を有する固定周波数発振器108によって発生されるキャリア信号の位相を変調するために用いられる。

【0041】

アナログ位相変調された信号は、1つまたは複数の高調波発生器206(またはMMICベースの周波数逡倍器)を用いて、より高い周波数の位相変調された信号を生じるように周波数が逡倍され、それによって広帯域のアナログ位相変調を達成する。たとえば、1

10

20

30

40

50

00MHzの周波数を有する位相変調された信号は、約10の第1の所定の係数だけ通倍されて1GHzの広帯域の位相変調された信号を得る。広帯域の位相変調された信号は、他の高調波を除去するためにバンドパスフィルタ406を用いて濾波することができる。所望の倍数の位相変調された信号（高調波）は、バンドパスフィルタ406を通じて取り出される。このようにして得られた広帯域のアナログ位相変調された信号は、それぞれ図3および図2に示すように用途に応じて、直接増幅されて送信されるか、所望の周波数帯域にアップコンバートされ次いで増幅されて送信される。

【0042】

1GHzの周波数を有する広帯域の位相変調された信号は、次いでアップコンバージョンミキサ407と固定周波数発振器408を用いて、2.2から2.4GHzの範囲の周波数にアップコンバートされる。周波数分割多重化は、バンドパスフィルタ406の出力にて得られる広帯域のアナログ位相変調された信号を、動作帯域内の相異なる周波数にアップコンバートすることによって達成される。たとえば、第1のRFチャネルにて得られた1GHzの位相変調された信号は、1.4GHzの固定周波数発振器を用いて2.4GHzにアップコンバートすることができる。同様に、第2のRFチャネルにて得られた1GHzの位相変調された信号は、1.404GHzの固定周波数発振器を用いて2.404GHzにアップコンバートすることができる。所望の周波数の位相変調された信号は、バンドパスフィルタ410を通じて取り出される。これにより、複数のRFチャネルから得られるMRデータを同時に、しかし短く間隔がつけられた相異なる重ならない周波数で送信することが可能になり、周波数分割多重化(FDM)を達成する。

【0043】

アップコンバージョンの代替として、異なるが所定の周波数だけ離れて間隔がつけられた周波数にて発生されるキャリア信号を用いて、周波数分割多重化を達成することができる。キャリア信号の供給源として働くように、単一の基準発振器を用いて異なる出力周波数にプログラムされた直接デジタルシンセサイザを、各RFチャネルごとに用いることができ、このキャリア信号は位相が変調され周波数が通倍される。この技術は、各RFチャネルに対応する、位相変調された信号の周波数を動作帯域まで上げるためのアップコンバージョン段が不要となり得る。この実施形態の一般化されたブロック図は、図5に示される。

【0044】

図5は、位相変調および周波数分割多重化を用いた、複数RFチャネルの無線MRデータ送信システムを表す送信器102のブロック図を示す。送信器102は、パイロットキャリアを通じてMRIスキャナのシステムクロック信号に同期して基準信号を生じるように構成された、位相ロック型プログラマブル周波数発振器502を備える。プログラマブル周波数発振器502に結合されたチャンネル分割器504は、複数のRFチャネルに基準信号を供給するように構成される。

【0045】

送信器102はさらに、RFチャネル分割器504に結合された、直接デジタルシンセサイザ(DDS)505、506、および507のアレイを備える。DDS505、506、および507のアレイ内の各DDSは、単一のRFチャネルに関連付けられ、基準信号に基づいて固定周波数キャリア信号を発生するように構成される。このようにして発生された固定周波数キャリア信号は、基準信号と位相が同期する。固定周波数キャリア信号の周波数は、関連するRFチャネルに対応する。各RFチャネル内のDDSは、FDM(周波数分割多重化)をもたらすようにわずかに異なる周波数を生じるようにプログラムすることができる。プログラマブル周波数発振器502(単一の温度補償型水晶発振器)からの基準信号は、様々なRFチャネルに対応するDDSの間で同期を保つことを容易にする。

【0046】

変調器510、511、および512のアレイは、DDS505、506、および507のアレイに結合される。変調器510、511、および512のアレイ内の各変調器は

10

20

30

40

50

、単一のＤＤＳに結合され、周波数変換されたＭＲ信号を用いて、ＤＤＳにて発生された固定周波数キャリア信号を変調するように構成される。さらに高調波発生器５１５、５１６、および５１７のアレイは、変調器５１０、５１１、および５１２のアレイに結合される。高調波発生器５１５、５１６、および５１７のアレイ内の各高調波発生器は、各位相変調器にて発生される位相変調された信号を、第１の所定の係数だけ通倍するように構成される。通倍すると、各ＲＦチャネルにて発生された広帯域の位相変調された信号の間の周波数間隔は、効率的なＦＤＭシステムのために十分なものとなる。送信器１０２はさらに、高調波発生器５１５、５１６、および５１７のアレイからの１つまたは複数の出力を組み合わせるように構成された、チャネルコンバイナ５２５を備える。

【００４７】

10

さらに送信器１０２は、高調波発生器５１５、５１６、および５１７のアレイに結合された帯域選択（バンドパス）フィルタのアレイ（図示せず）を備えることができる。帯域選択フィルタのアレイ（図示せず）内の各帯域選択フィルタは、高調波発生器５１５、５１６、および５１７のアレイ内の単一の高調波発生器に結合される。さらに、帯域選択フィルタのアレイ（図示せず）内の各帯域選択フィルタは、基本周波数の適切な倍数を選択するように構成される。

【００４８】

ＲＦモジュール１００の設計はスケーラブルであり、それによって全体的なシステムの機能に影響を与えずにＲＦチャネルを追加するまたは削減することが可能になる。図５に示されるように、ＲＦチャネルの追加は、要素ＤＤＳ、ＰＭ、ＨＧ、およびＢＰＦのもう１つのチェーンが必要になるだけである。ＲＦチャネルの削除は、要素ＤＤＳ、ＰＭ、ＨＧ、およびＢＰＦのチェーンを切断し、チャネルコンバイナ５２５の適切なポートを特性インピーダンスで終端することが必要になるだけである。ＲＦチャネルの追加または取り外しは、他のＲＦチャネルおよび全体的な機能に影響を与えずに行うことができる。

20

【００４９】

チャネルコンバイナ５２５を用いて組み合わせられた様々なＲＦチャネルからの出力は、送信に先立って電力増幅器（図示せず）に供給することができる。受信器１０４では、復調および画像再構成のために適切なダウンコンバージョン周波数を選択するように、各ＲＦチャネルごとに周波数シンセサイザを用いて、同様なアーキテクチャを用いることができる。

30

【００５０】

電力増幅器（図示せず）によって増幅されたチャネルコンバイナ５２５からの出力信号は、次いでアンテナを用いて送信することができる。送信器１０２での指向性アンテナの使用は、指向性アンテナはＲＦシールドから反射された信号の受信がマルチパス歪効果を生じるのを防止するという点で利点をもたらし、それによってより良い見通し線が得られる。

【００５１】

送信された信号は、送信器１０２からかなりの距離だけ空間的に分離された受信器１０４によって、別の指向性アンテナを通じて検知される。受信器１０４の全体的なブロック図は、図６に示される。

40

【００５２】

図６を参照して、無線周波数受信器１０４の典型的な構成について述べる。アンテナ装置１１２は複数のアンテナを備え、アンテナの１つによって受信した位相変調された信号を選択するために、受信器１０４は選択デバイス６０２を使用する。選択デバイス６０２は、復調のために、アンテナの１つによって受信した位相変調された信号を選択するように構成される。

【００５３】

図７は、もう１つの実施形態において述べられる受信器１０４の詳細な、例示のブロック図を示す。当業者なら、述べられる例示の構成要素を他の受信器構成要素に置き換えることができる。図７を参照すると、受信された信号は、低雑音増幅器７０２（ＬＮＡ）に

50

よって増幅され、バンドパスフィルタ 704 を用いて関心のある範囲外の周波数を除去するように濾波される。濾波された信号は、約 70 MHz の中間周波数を有する中間周波数信号にダウンコンバートされる。しかし当業者なら、実現可能性および設計の側面に応じて、他の中間周波数も用い得ることが理解されよう。

【0054】

ダウンコンバージョンは、ダウンコンバージョンミキサ 705 と、チューニング可能な局部発振器 706 との組合せを用いて行われる。チューニング可能な局部発振器 706 の周波数は、受信した位相変調された信号の周波数より約 70 MHz 高くチューニングすることができる。チューニング可能な局部発振器 706 は、位相変調された信号の周波数を低くするが、それが搬送する変調は維持する。

10

【0055】

受信器 104 はさらに、ダウンコンバージョンミキサ 705 に結合された IF 増幅器 708 を備える。受信器 104 での IF 増幅器 708 は、自動利得制御 (AGC) を組み込んだ可変利得制限増幅器である。IF 増幅器 708 は、その出力が IF 増幅器 708 の利得を制御する対数振幅検出器を備える。これは、復調のために後の段に十分な振幅の位相変調された信号が渡されることを確実にする。IF 増幅器 708 内の振幅制限器 (図示せず) は、過度の増幅を防止し、また位相変調された信号の振幅の変動 / 変調があればそれを除去し、それによって復調器 114 を、RF チャネル雑音による振幅歪、および干渉信号による寄生振幅変調 (AM) の影響を受けないようにする。さらに振幅制限器 (図示せず) がダウンコンバージョンミキサ 705 の前に含まれるときは、ダウンコンバージョンミキサ 705 が飽和されるのを防止する。

20

【0056】

IF 増幅器 708 に結合された追加のバンドパスフィルタ 710 は、70 MHz の中間周波数 (IF) 信号を得るように構成される。これは、復調器 114 は位相変調されたキャリア信号の位相の変化のみに対して感度があるので、高い忠実度を確実にする。

【0057】

バンドパスフィルタ 710 に結合された復調器 114 は、直交検出器を備えることができる。直交検出器ではダウンコンバートされた中間周波数信号が復調され、2 MHz の周波数での MR 信号を再生する。復調された MR 信号は、高周波雑音成分があればそれを除去するためにビデオフィルタ 712 およびビデオ増幅器 714 を用いて濾波および増幅され、画像再構成のための量子化器 116 に渡される。

30

【0058】

図 7 に関連して述べた受信器 104 の構成要素に加えて、受信器 104 の全体的な雑音指数を改善するために、バンドパスフィルタ 704 (BPF) とダウンコンバージョンミキサ 705 の組合せに、低雑音増幅器 (LNA) (図示せず) を追加して結合することができる。

【0059】

図 8 に示される他の実施形態では、MR データを通信する方法 800 が提供される。方法 800 は、ステップ 802 で少なくとも 1 つの位相変調された信号を無線で送信するステップと、ステップ 804 で、位相変調された信号を複数のアンテナを用いて受信器 104 にて受信するステップと、ステップ 806 で復調のために、複数のアンテナの少なくとも 1 つから位相変調された信号を選択するステップと、ステップ 808 で、選択された位相変調された信号を増幅して信号強度を高めるステップと、ステップ 810 で、増幅された位相変調された信号をダウンコンバートして中間周波数信号を得るステップと、ステップ 812 で中間周波数信号を復調器 114 に印加することによって中間周波数信号を復調するステップと、ステップ 814 で、復調された信号を、画像情報を処理するための量子化器 116 に供給するステップとを含む。

40

【0060】

方法 800 はさらに、復調および画像再構成のために、各 RF チャネルに対する所定のダウンコンバージョン周波数を選択するステップを含む。ダウンコンバージョンのために

50

構成されたチューニング可能な局部発振器 706 は、発生される発振器信号に対して適切な中心周波数を選択するようにプログラムすることができる。中心周波数は、チューニング可能な局部発振器 706 が関連付けられた RF チャネルに対応させることができる。選択された周波数は、ダウンコンバージョンミキサ 705 にてヘテロダインされて所定の中間周波数を生じる。例示的实施形態では、選択された RF チャネルに対応する位相変調された信号の周波数は、2.4 GHz であり、中間周波数は約 70 MHz となるように予め定められる。このようなシナリオでは、チューニング可能な局部発振器 706 は、約 2.470 GHz の周波数を有する発振器信号を発生するようにプログラムすることができる。位相変調された信号に、チューニング可能な局部発振器 706 によって発生された発振器信号を混合した後に、2つの信号は通倍されて 70 MHz および 4.870 GHz の信号を生じる。70 MHz の周波数を有する中間周波数信号は、ダウンコンバージョンミキサ 705 に結合されたバンドパスフィルタ 710 を通じて取り出される。

10

【0061】

他の実施形態では、コンピュータ可読媒体に記憶されたコンピュータ可読プログラムが提供される。コンピュータ可読プログラムは、RF コイルから得られた MR データを通信する方法を実行するための命令を含む。この命令は、少なくとも1つの位相変調された信号を無線で送信するルーチンと、送信された位相変調された信号を受信アンテナによって検知するルーチンと、受信した位相変調された信号を増幅して信号強度を高めるルーチンと、増幅された位相変調された信号をダウンコンバートして中間周波数信号を得るルーチンと、中間周波数信号を復調器 114 に印加することによって中間周波数信号を復調するルーチンと、復調された信号を、画像情報を処理するための量子化器 116 に供給するルーチンとを含む。

20

【0062】

さらに、少なくとも1つの位相変調された信号を無線で送信するルーチンは、ラーモア周波数を有する少なくとも1つの MR 信号を、RF コイル内の RF チャネルから得るためのルーチンと、MR 信号に基づいて変調信号を発生するルーチンと、所定の周波数を有するキャリア信号を発生するルーチンであって、所定の周波数は RF チャネルに関連付けられるルーチンと、変調信号を用いてキャリア信号を位相変調して位相変調された信号を形成するルーチンとを含む。

【0063】

本発明の技術的な効果は、RF コイル内の励起シーケンスを制御することを含み、それによって MR 信号の取得を制御し、さらにチャネル、およびこのようにして取得された MR 信号の通信の方法を制御する。

30

【0064】

本発明は、RF コイルの1つまたは複数の受信コイルから、離れて配置された受信器への MR 信号の無線送信をもたらすことにより、上述の問題を克服するためのシステムおよび方法を提供する。無線計測を使用することにより、ケーブル接続された受信コイルに通常伴うゴーストおよび SNR の問題が避けられる。

【0065】

より具体的には、本明細書で述べられる RF モジュールは、広帯域のアナログ位相変調され、時間および周波数分割多重化された、MR データの送信および受信を含む無線通信を可能にする。アーキテクチャは、MR データを得るために RF チャネルの順次励起を必要とする用途に対応するように、RF スイッチアレイを用いた時分割多重化 (TDM) を可能にする。

40

【0066】

RF モジュールの設計はスケーラブルであり、それによって全体的なシステムの機能に影響を与えずに RF チャネルを追加または削減することが可能になる。本明細書で述べられる RF モジュールは、より多くの数の RF チャネルを追加する場合に、DDS を異なる周波数にプログラムし、意図される追加の動作帯域での追加の電力増幅器およびアンテナを含むことによって、複数の帯域にて動作することができる。これにより、用途によって

50

必要な場合に、より多くのＲＦチャネルを追加することが可能になる。

【００６７】

アナログ位相変調は周波数逓倍を含むときは、所望の大きさの位相変調を生じ、周波数変調の忠実度をもつ。

【００６８】

システムアーキテクチャ、変調技術、および変調応答は、キャリア信号発生器のトポロジーおよび構築方法には依存しない。キャリア周波数の安定度は、キャリア信号発生器の内部周波数チューニング要素から変調信号を隔離することによって十分保たれる。

【００６９】

キャリア信号発生器の周波数チューニング回路は変調によって直接影響を受けないので、キャリア信号の高い周波数安定度を保つことができ、したがって「ＴＣＸＯ」（温度補償型水晶発振器）などの高安定度発振器を使用することが可能となり、それによって、直接ＦＭシステムでは起こり得る周波数ドリフトおよびランダム周波数切り換えのトラブルがなくなる。

【００７０】

もう１つの利点は、非線形性、利得不安定性、利得ドリフト、または受信チェーンにおける他の不完全性によって導入される画像歪が低減することにある。

【００７１】

ＲＦモジュールのために提案されたアーキテクチャは、周波数変調の忠実度、高安定度、高いデータ完全性、干渉に対する高い耐性、無視し得る待ち時間、モジュール型でスケラブルなアーキテクチャ、複数ＲＦチャネルの順次および同時動作、複数帯域動作、構成要素に依存しないアーキテクチャ、構成要素の旧式化に影響されないこと、複数ＲＦチャネル動作の場合のコスト優位性、ＲＦチャネル雑音に対する非常に低い感受性、送信媒体における振幅歪および非線形性、容易な保守性、高い再現性、および大量生産の容易さをもたらす。さらに、本明細書で述べられたＲＦモジュールの設計は、送信器と受信器の間の同期を用意する必要がなくなる。

【００７２】

本発明の様々な実施形態では、ＭＲＩ装置用のＲＦモジュール、およびＲＦモジュールを用いたＭＲＩ装置について述べた。しかし実施形態は限定されず、異なる用途に関連して実施することができる。本発明の用途は、他の分野、たとえば無線通信に拡張することができる。本発明は、信号の無線通信のために位相変調を用いる広い概念を提供し、これは同様な通信システムに適合させることができる。この設計は、様々な形態および仕様においてさらに進め、実施することができる。

【００７３】

この文書による説明では、最良の形態を含む本明細書における主題を説明し、また当業者が本主題を製造および使用することを可能にするために例を用いている。本主題の特許性のある範囲は、特許請求の範囲によって定義され、当業者が思い付く他の例を含み得る。このような他の例は、それらが請求項の文言とは異ならない構成要素を有する場合、またはそれらが請求項の文言とわずかな差を有する等価な構成要素を含む場合は、特許請求の範囲に包含されるものとする。

【符号の説明】

【００７４】

- １００ ＲＦモジュール
- １０２ 送信器
- １０４ 受信器
- １０６ 局部発振器
- １０８ 固定周波数発振器
- １１０ 変調器
- １１２ アンテナ装置
- １１４ 復調器

10

20

30

40

50

1 1 6	量子化器	
2 0 2	R F スイッチアレイ	
2 0 4	中間周波数 (I F) 増幅器	
2 0 6	高調波発生器	
2 0 8	プログラマブル周波数発振器	
4 0 2	低雑音増幅器	
4 0 3	ミキサ	
4 0 4	ローパスフィルタ	
4 0 6	バンドパスフィルタ	
4 0 7	アップコンバージョンミキサ	10
4 0 8	固定周波数発振器	
4 1 0	バンドパスフィルタ	
5 0 2	プログラマブル周波数発振器	
5 0 4	チャンネル分割器	
5 0 5	直接デジタルシンセサイザ (D D S)	
5 0 6	直接デジタルシンセサイザ (D D S)	
5 0 7	直接デジタルシンセサイザ (D D S)	
5 1 0	変調器	
5 1 1	変調器	
5 1 2	変調器	20
5 1 5	高調波発生器	
5 1 6	高調波発生器	
5 1 7	高調波発生器	
5 2 5	チャンネルコンバイナ	
6 0 2	選択デバイス	
7 0 2	低雑音増幅器	
7 0 4	バンドパスフィルタ	
7 0 5	ダウンコンバージョンミキサ	
7 0 6	チューニング可能な局部発振器	
7 0 8	I F 増幅器	30
7 1 0	バンドパスフィルタ	
7 1 2	ビデオフィルタ	
7 1 4	ビデオ増幅器	

【図 1】



FIG. 1

【図 2】

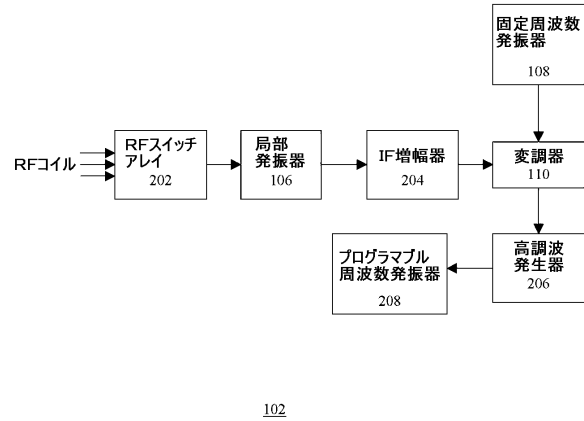


FIG. 2

【図 3】

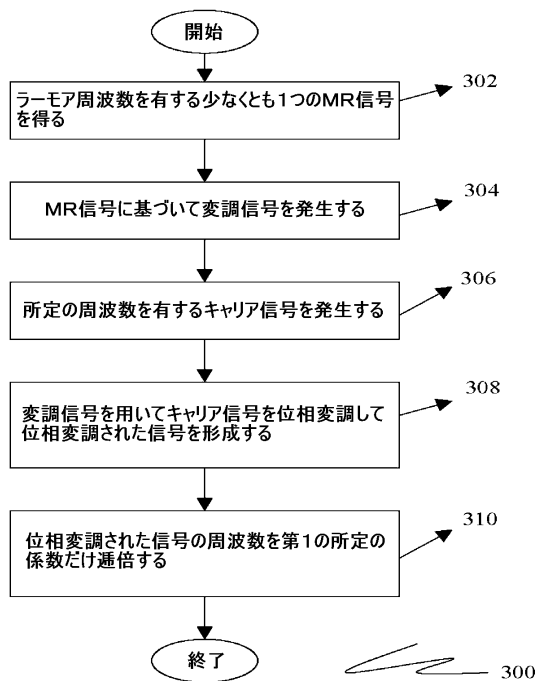


FIG. 3

【図 4】

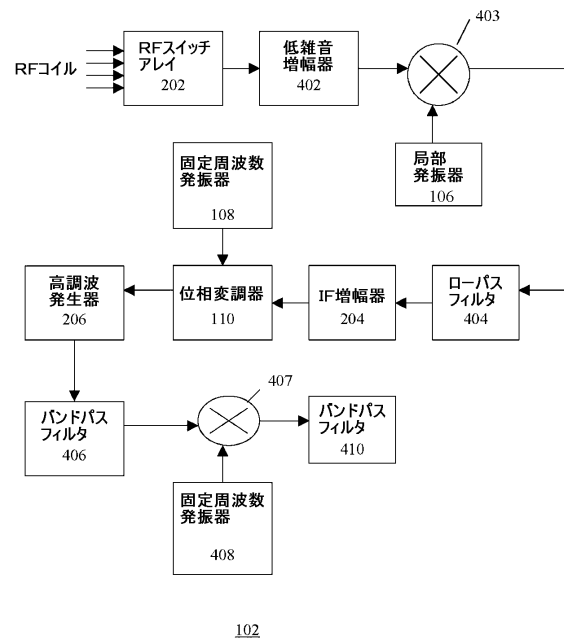


FIG. 4

【図 5】

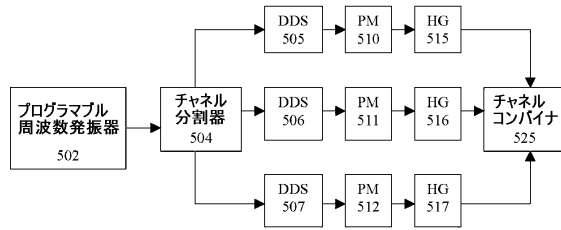
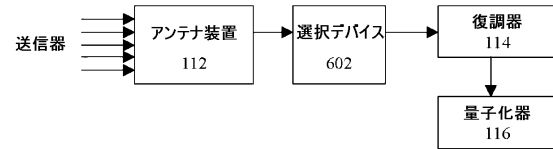


FIG. 5

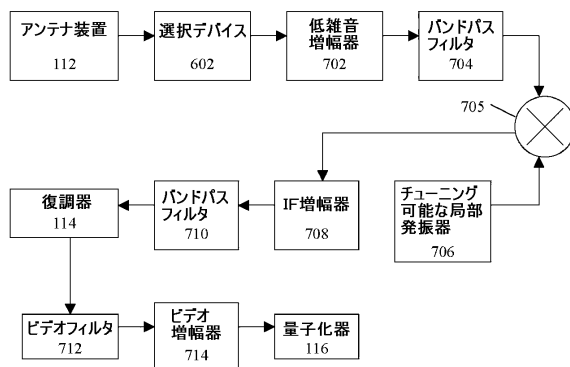
【図 6】



104

FIG. 6

【図 7】



104

FIG. 7

【図 8】

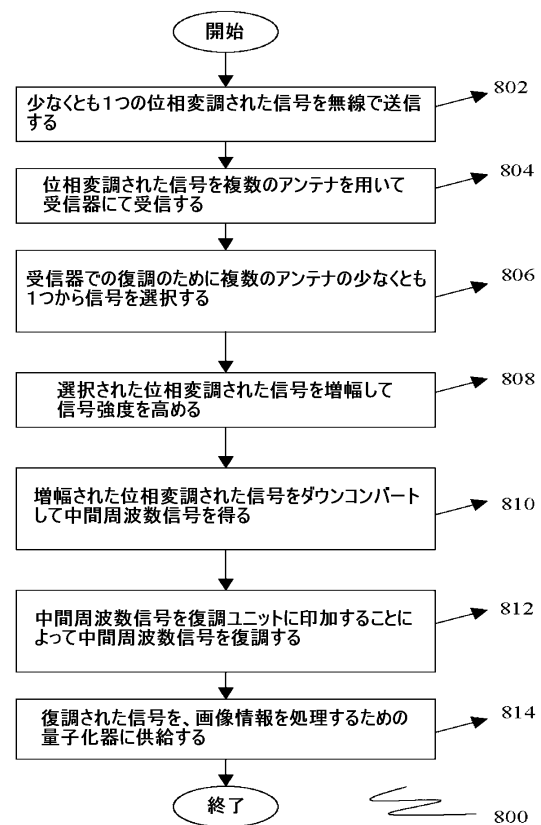


FIG. 8

フロントページの続き

- (72)発明者 ブラシド・ラマバドラン
インド、560066、バンガロール、ホワイトフィールド、イーピーアイピー・フェイズ2、プロット・ナンバー152、ジェイエフダブリューティーシー
- (72)発明者 サントシュ・クマール
インド、560066、バンガロール、ホワイトフィールド、イーピーアールピー・フェイズ2、プロット・ナンバー152、ジェイエフダブリューティーシー
- (72)発明者 エディ・ボスカンプ
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ワウケシャ、160・ダブリュー875、エヌ・グランビューー・ブルバード、3200

審査官 亀澤 智博

- (56)参考文献 特開平09-024036(JP,A)
特開2007-190066(JP,A)
特表2008-522651(JP,A)
特開2008-272451(JP,A)
米国特許出願公開第2007/0013376(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 5/055