

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6499301号
(P6499301)

(45) 発行日 平成31年4月10日 (2019. 4. 10)

(24) 登録日 平成31年3月22日 (2019. 3. 22)

(51) Int. Cl.	F I				
HO 4 L 27/26 (2006. 01)	HO 4 L	27/26	3 2 0		
HO 4 B 10/61 (2013. 01)	HO 4 L	27/26	1 1 1		
HO 4 B 10/516 (2013. 01)	HO 4 B	10/61			
	HO 4 B	10/516			

請求項の数 14 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2017-537245 (P2017-537245)	(73) 特許権者	503433420
(86) (22) 出願日	平成27年12月15日 (2015. 12. 15)		華為技術有限公司
(65) 公表番号	特表2018-504041 (P2018-504041A)		HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.
(43) 公表日	平成30年2月8日 (2018. 2. 8)		中華人民共和国 518129 広東省深 ▲チェン▼市龍崗区坂田 華為総部▲ベン ▼公樓
(86) 国際出願番号	PCT/CN2015/097386		Huawei Administrati on Building, Bantia n, Longgang Distric t, Shenzhen, Guangd ong 518129, P. R. Ch ina
(87) 国際公開番号	W02016/112765	(74) 代理人	100107766
(87) 国際公開日	平成28年7月21日 (2016. 7. 21)		弁理士 伊東 忠重
審査請求日	平成29年8月24日 (2017. 8. 24)		最終頁に続く
(31) 優先権主張番号	14/596, 875		
(32) 優先日	平成27年1月14日 (2015. 1. 14)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

(54) 【発明の名称】 複数の変調を用いた離散マルチトーン伝送のための方法及びシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光離散マルチトーン (DMT) 伝送のためのデバイスであって、
シリアルデータをビットのグループに変換し、複数の並列処理分岐のビットレートに基づいて、データビットの関連するグループによって前記複数の並列処理分岐のそれぞれにロードするように構成されたデマルチプレクサを含み、
前記複数の並列処理分岐の各分岐は、関連するトーンで前記データビットの関連するグループを符号化し、前記データビットの符号化されたグループへの電力割り当てを実行し、電力割り当ての後にそれぞれの高速フーリエ変換 (FFT) を適用し、前記それぞれの高速フーリエ変換を使用して前記トーンにおいて独立してパルス整形を実行するように構成され、

前記複数の並列処理分岐の第 1 分岐への第 1 ビットレート及び変調は、前記複数の並列処理分岐の第 2 分岐への第 2 ビットレート及び変調とは異なるデバイス。

【請求項 2】

前記複数の並列処理分岐の各分岐は、関連する変調を用いてシンボルを生成するように構成された符号化器を含み、

前記デバイスは、前記シンボルの 1 つ以上を強調するために、前記複数の並列処理分岐に電力を割り当てるように構成され、前記第 1 分岐に割り当てられる電力は、前記第 2 分岐に割り当てられる電力とは異なる、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 3】

前記第 1 分岐は、より低次の変調フォーマットを用いて第 1 トーンで前記ビットのグループのうちデータビットの第 1 グループを符号化するように構成され、前記第 2 分岐は、より高次の変調フォーマットを用いて第 2 トーンで前記ビットのグループのうちデータビットの第 2 グループを符号化するように構成される、請求項 1 又は 2 に記載のデバイス。

【請求項 4】

前記複数の並列処理分岐の各分岐は、関連する変調を用いてシンボルを生成するように構成された符号化器を含み、

前記デバイスは、前記第 1 分岐の関連するシンボルを強調するために、少なくとも前記第 1 分岐に第 1 電力を割り当てるように構成される、請求項 3 に記載のデバイス。

【請求項 5】

前記デバイスは、前記より低次の変調と前記より高次の変調との間の信号対雑音比 (SNR) 差を補償するための前記 SNR 差に基づいて、或いは前記分岐の帯域幅配置に基づいて、前記第 1 分岐に電力を割り当てるように構成される、請求項 3 に記載のデバイス。

【請求項 6】

前記デバイスは、前記複数の並列処理分岐の各分岐において信号の歪みの補償を適応的に取り決めるように構成される、請求項 1 又は 2 に記載のデバイス。

【請求項 7】

光離散トーン (DMT) 伝送のための方法であって、

シリアルデータのストリームを受信するステップと、

前記シリアルデータをビットのグループに変換し、複数の並列処理分岐のビットレートに基づいて、データビットの関連するグループを前記複数の並列処理分岐の各分岐にロードするステップと

を含み、

前記複数の並列処理分岐の各分岐は、関連するトーンで前記データビットの関連するグループを符号化し、前記データビットの符号化されたグループへの電力割り当てを実行し、電力割り当ての後にそれぞれの高速フーリエ変換 (FFT) を適用し、前記それぞれの高速フーリエ変換を使用して前記トーンにおいて独立してパルス整形を実行するように構成され、

前記複数の並列処理分岐の第 1 分岐への第 1 ビットレート及び変調は、前記複数の並列処理分岐の第 2 分岐への第 2 ビットレート及び変調とは異なる方法。

【請求項 8】

前記複数の並列処理分岐のそれぞれを使用し、関連する変調を用いてシンボルを生成するステップと、

前記シンボルの 1 つ以上を強調するために、前記複数の並列処理分岐の各分岐に電力を割り当てるステップと

を更に含み、

前記第 1 分岐に割り当てられる電力は、前記第 2 分岐に割り当てられる電力とは異なる、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記電力を割り当てるステップは、ビット誤り率 (BER) を最低の値に維持するために、前記複数の並列処理分岐の各分岐に対する電力係数を決定するステップを含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記電力を割り当てるステップは、前記分岐の変調の差の間の所要の信号対雑音比 (SNR) 差を補償するための前記 SNR 差に基づいて、或いは前記分岐の帯域幅に基づいて、前記複数の並列処理分岐の各分岐に対する電力係数を決定するステップを含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 11】

前記データビットの関連するグループを複数の並列処理分岐の各分岐にロードするステップは、前記ビットのグループのうちデータビットの第 1 グループを前記複数の並列処理

10

20

30

40

50

分岐の第1分岐にロードし、前記ビットのグループのうちデータビットの第2グループを前記複数の並列処理分岐の第2分岐にロードするステップを含み、前記データビットの第1グループのサイズは、前記データビットの第2グループのものとは異なり、

前記第1分岐は、より低次の変調フォーマットを用いて第1トーンで前記データビットの第1グループを符号化するように構成され、前記第2分岐は、より高次の変調フォーマットを用いて第2トーンで前記データビットの第2グループを符号化するように構成される、請求項7又は8に記載の方法。

【請求項12】

前記複数の並列処理分岐の各分岐を使用し、関連する変調を用いてシンボルを生成するステップと、

前記第1分岐及び前記第2分岐の1つの前記シンボルを強調するために、前記第1分岐及び前記第2分岐において異なる電力を割り当てるステップと

を含む、請求項11に記載の方法。

【請求項13】

各分岐における信号の歪みの補償を適応的に取り決めるステップを更に含む、請求項7又は8に記載の方法。

【請求項14】

命令を含む1つ以上のプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な過渡的でないメモリであって、前記命令は、コンピュータデバイスにより実行された場合、デバイスプロセッサに対して、請求項7乃至13のうちいずれか1項に記載の方法を実行させるコンピュータ読み取り可能な過渡的でないメモリ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[関連出願への相互参照]

この出願は、2015年1月14日に提出された米国特許出願第14/596,875号の優先権を主張する。

【0002】

[技術分野]

この出願は、光伝送システムに関し、特に離散マルチトーン伝送システムに関する。

【背景技術】

【0003】

今日では、光通信システムは、データ通信のために広く使用されている。光通信システムは、長距離伝送（例えば、ロングホール光システム）において高データレートをサポートするために、伝送媒体として光ファイバを使用することがある。光通信ネットワークにおいて超高データレート及び帯域幅の増大する需要が存在し、ネットワークを設計する際に課題を与えている。したがって、帯域幅効率と共に増加するデータレートを可能にする柔軟的且つ適応的なネットワークエレメントを提供することが望ましい。

【発明の概要】

【0004】

この開示の態様によれば、光離散マルチトーン（DMT）伝送のためのデバイスが提供される。このデバイスは、シリアルデータをビットのグループに変換し、複数の並列処理分岐のビットレートに基づいて、データビットの関連するグループによって複数の並列処理分岐のそれぞれにロードするように構成されたデマルチプレクサを含む。複数の並列処理分岐の各分岐は、関連するトーンでデータビットの関連するグループを符号化するように構成され、複数の並列処理分岐の第1分岐への第1ビットレート及び変調は、複数の並列処理分岐の第2分岐への第2ビットレート及び変調とは異なる。

【0005】

この開示の他の態様によれば、光離散トーン（DMT）伝送のための方法が提供される。この方法は、シリアルデータのストリームを受信するステップと、シリアルデータをピッ

10

20

30

40

50

トのグループに変換し、複数の並列処理分岐のビットレートに基づいて、データビットの関連するグループを複数の並列処理分岐の各分岐にロードするステップとを含む。複数の並列処理分岐の各分岐は、関連するトーンでデータビットの関連するグループを符号化するように構成され、複数の並列処理分岐の第1分岐への第1ビットレート及び変調は、複数の並列処理分岐の第2分岐への第2ビットレート及び変調とは異なる。

【0006】

この開示の他の態様によれば、光離散マルチトーン(DMT)伝送のためのデバイスが提供される。このデバイスは、複数の符号化されたトーンを有するDMT伝送のデジタル電気信号を処理するように構成された複数の並列処理分岐を含み、各分岐は、データビットを提供するためにその中の複数の符号化されたトーンを用いたDMT伝送の符号化されたトーンを処理するように構成され、複数の並列処理分岐の第1分岐は、第2トーンのための複数の並列処理分岐の第2分岐への第2復調フォーマットとは異なる第1復調フォーマットの第1トーンを処理するように構成される。このデバイスは、複数の並列処理分岐のそれぞれからデータビットを受信し、シリアルデータストリームに変換するように構成されたマルチプレクサを更に含む。

10

【0007】

この開示の他の態様によれば、光離散マルチトーン(DMT)伝送のための方法が提供される。この方法は、DMT伝送のデジタル電気信号からデータビットを生成するように構成された複数の並列処理分岐を使用するステップを含み、各分岐は、データビットを提供するためにその中の複数の符号化されたトーンを用いたDMT伝送の符号化されたトーンを処理するように構成され、複数の並列処理分岐の第1分岐は、第2トーンのための複数の並列処理分岐の第2分岐への第2復調フォーマットとは異なる第1復調フォーマットの第1トーンを処理するように構成される。データビットは、複数の並列処理分岐のそれぞれから受信され、データビットをシリアルデータストリームに多重する。

20

【0008】

この開示の更に他の態様によれば、命令を含む1つ以上のプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な過渡的でないメモリが提供され、命令は、コンピュータデバイスにより実行された場合、コンピュータデバイスに対して、光離散マルチトーン(DMT)伝送を実行させる。DMT伝送のデジタル電気信号からデータビットを生成するように構成された複数の並列処理分岐が利用される。各分岐は、データビットを提供するためにその中の複数の符号化されたトーンを用いたDMT伝送の符号化されたトーンを処理するように構成され、複数の並列処理分岐の第1分岐は、第2トーンのための複数の並列処理分岐の第2分岐への第2復調フォーマットとは異なる第1復調フォーマットの第1トーンを処理するように構成される。複数の並列処理分岐のそれぞれからのデータビットが受信され、データビットをシリアルデータストリームに多重する。

30

【図面の簡単な説明】

【0009】

この開示の更に完全な理解のために、添付図面及び詳細な説明に関して挙げられる以下の簡単な説明に、ここで参照が行われる。

【図1】コヒーレント光システムの概略図である。

40

【図2】複数のトーンを用いた離散マルチトーン(DMT)信号の例の周波数領域のスペクトルである。

【図3】マルチ変調DMTシステムの送信機のブロック図である。

【図4】マルチ変調DMTシステムの受信機のブロック図である。

【図5】送信機のDSPユニットのブロック図である。

【図6】図5のDSPユニットで取られるマルチトーン方式の例を示す。

【図7】DACの前の図5のDPSユニットからの出力のスペクトル図の例を示す。

【図8】受信機のDSPユニットのブロック図である。

【図9】図8のDSPユニットで取られるマルチ変調トーン方式を示す。

【図10A】シングルキャリア受信機において受信したシングルキャリア変調信号のシン

50

グルキャリアスペクトルの例を示す。

【図10B】DMT受信機において受信した信号の8QAM-DMTスペクトルの例を示す。

【図10C】サイドトーンとしてのQPSK及び中間トーンとしての16QAMを用いたマルチ変調DMT受信機において受信した信号のマルチ変調DMTスペクトルの例を示す。

【図11】RF帯域幅に対する最大実現可能ボーレートを示すシミュレーション結果を示す。

【図12】図10Cにおける電力割り当てのための例示的なルックアップテーブルの概略図である。

【図13】送信機における光通信方法を示すフローチャートである。

【図14】受信機における他の光通信方法を示すフローチャートである。

【図15】送受信機ユニットのブロック図である。説明の簡潔性及び明瞭性のため、図面に示すエレメントは必ずしも縮尺通りではなく、単なる概略であり、非限定的であり、特に言及しない限り、異なる図面の同じ参照符号は同じエレメントを示す。

【発明を実施するための形態】

【0010】

送信機、受信機、送受信機及びその方法のような光通信ネットワークエレメント及びデバイスについて、図1～15を参照して例のみとして以下に説明する。この開示において、送信機及び受信機は、通信のために離散マルチトーン(DMT)変調方式を利用するように構成可能である。DMT変調では、複数のトーン(又はサブチャネル、サブキャリア、分岐)は、伝送される情報ビットで符号化される。説明において、「トーン」、「サブチャネル」、「サブキャリア」、「チャネル」及び「分岐」という用語は、交換可能に使用され得る。複数のトーンに対して同じ変調フォーマットを使用する既存の送受信機とは異なり、開示の技術は、異なる変調フォーマットを使用してデータレートを増加させ得る。異なる変調フォーマットを用いて、複数のトーンは、柔軟なビットローディング(ビットレート)を使用して符号化されてもよく、各トーンにロードされるデータビットのグループが最適化されてもよい。さらに、各トーンへの電力割り当ては、異なる電力を用いた異なる変調が複数のトーンにおいて使用されるように最適化されてもよい。これらの柔軟なビットローディング及び電力割り当て方式は、マルチ変調トーンを用いた単一波信号のデジタル実現に基づいてもよい。送信機及び受信機は、構成される様々な伝送方式又は変調フォーマット、データレート、ビットレート、電力割り当て、様々な補償方式及びトーン数を可能にし得るソフトウェアプログラム可能エレメントを含む。

【0011】

光離散マルチトーン(DMT)のためのデバイスは、シリアルデータをビットのグループに変換し、複数の並列処理分岐のビットレートに基づいて、データビットの関連するグループによって複数の並列処理分岐のそれぞれにロードするように構成されたデマルチプレクサを含んでもよく、複数の並列処理分岐の各分岐は、関連するトーンでデータビットの関連するグループを符号化するように構成され、複数の並列処理分岐の第1分岐への第1ビットレート及び変調は、複数の並列処理分岐の第2分岐への第2ビットレート及び変調とは異なる。

【0012】

光離散マルチトーン(DMT)伝送のための方法は、シリアルデータのストリームを受信するステップと、シリアルデータをビットのグループに変換し、複数の並列処理分岐のビットレートに基づいて、データビットの関連するグループを複数の並列処理分岐の各分岐にロードするステップとを含んでもよく、複数の並列処理分岐の各分岐は、関連するトーンでデータビットの関連するグループを符号化するように構成され、複数の並列処理分岐の第1分岐への第1ビットレート及び変調は、複数の並列処理分岐の第2分岐への第2ビットレート及び変調とは異なる。

【0013】

光離散マルチトーン(DMT)伝送のためのデバイスは、複数の符号化されたトーンを有するDMT伝送のデジタル電気信号を処理するように構成された複数の並列処理分岐であり

10

20

30

40

50

、各分岐は、データビットを提供するためにその中の複数の符号化されたトーンを用いたDMT伝送の符号化されたトーンを処理するように構成され、複数の並列処理分岐の第1分岐は、第2トーンのための複数の並列処理分岐の第2分岐への第2復調フォーマットとは異なる第1復調フォーマットの第1トーンを処理するように構成された複数の並列処理分岐と、複数の並列処理分岐のそれぞれからデータビットを受信し、シリアルデータストリームに変換するように構成されたマルチプレクサとを含んでもよい。

【0014】

光離散マルチトーン(DMT)伝送のための方法は、DMT伝送のデジタル電気信号からデータビットを生成するように構成された複数の並列処理分岐を使用するステップであり、各分岐は、データビットを提供するためにその中の複数の符号化されたトーンを用いたDMT 10
伝送の符号化されたトーンを処理するように構成され、複数の並列処理分岐の第1分岐は、第2トーンのための複数の並列処理分岐の第2分岐への第2復調フォーマットとは異なる第1復調フォーマットの第1トーンを処理するように構成されるステップと、複数の並列処理分岐のそれぞれからデータビットを受信し、データビットをシリアルデータストリームに多重するステップとを含んでもよい。

【0015】

命令を含む1つ以上のプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な過渡的でないメモリであり、命令は、コンピュータデバイスにより実行された場合、デバイスプロセッサに対して、光離散マルチトーン(DMT)伝送のための方法を実行させるコンピュータ読 20
み取り可能な過渡的でないメモリが提供されてもよい。

【0016】

光DMT伝送は、シリアルデータを受信するステップと、シリアルデータをビットのグループに変換し、複数の並列処理分岐のビットレートに基づいて、データビットの関連するグループを複数の並列処理分岐の各分岐にロードするステップとを含んでもよく、各分岐は、関連するトーンでデータビットの関連するグループを符号化するように構成され、複数の並列処理分岐の第1分岐の第1ビットレート及び変調は、複数の並列処理分岐の第2分岐への第2ビットレート及び変調とは異なる。

【0017】

光DMT伝送は、DMT伝送のデジタル電気信号からデータビットを生成するように構成された複数の並列処理分岐を使用するステップであり、各分岐は、データビットを提供するた 30
めにその中の複数の符号化されたトーンを用いたDMT伝送の符号化されたトーンを処理するように構成され、複数の並列処理分岐の第1分岐は、第2トーンのための複数の並列処理分岐の第2分岐への第2復調フォーマットとは異なる第1復調フォーマットの第1トーンを処理するように構成されるステップと、複数の並列処理分岐のそれぞれからデータビットを受信し、データビットをシリアルデータストリームに多重するステップとを含んでもよい。

【0018】

図1は、光通信ネットワークの一部を形成するコヒーレント光システム100を示す。コヒーレント光システム100は、送信機100と受信機130とを含む。送信機110は、光通信ネットワークの送信側に位置し、光リンク120を通じて、光通信ネットワークの受信側に位置 40
する受信機130の1つ以上に光信号を送信するように構成されてもよい。図1において、送信機110及び受信機130は、例示目的のみのために別々に示されている。送信機110及び受信機130は、双方向データ通信のために単一の送受信機デバイスを形成するように統合されてもよい。

【0019】

送信機110及び受信機130は、通信のためにDMT変調を利用することができるマルチトーンシステムを含む。隣接トーンとの間のギャップは、例えば、高(或いは低)ギャップ値のための帯域幅制限(或いはクロック回復精度)に基づいて最適化されてもよい。マルチトーン(N個のトーン、 $N>1$)の変調は、異なる変調フォーマットを使用して最適化され、1つのトーンへの変調フォーマットは、他のトーンのものとは異なってもよい。変調フォ 50

フォーマットは、例えば、M直交振幅変調（QAM）（例えば、M=8、16、32、64、256、...）、四相位相シフトキーイング（QPSK）変調、二値位相シフトキーイング（BPSK）変調、又はこれらの変調形式のうちいずれか二偏波の変形を含んでもよい。送信機110からの例示的な送信信号は、変調されたN個のトーンを用いた単一波であり、これは、直交直線偏波成分（X及びY）を含んでもよく、各偏波成分は、2つの直交位相成分（同相及び直交位相）を含む。トーンへの異なるフォーマットの割り当ては、トーンの特長（例えば、帯域幅、SNR）に基づいて決定されてもよい。

【0020】

送信機110は、デジタル信号処理（DSP）に基づく送信機ユニット（「TX DSP」として示す）112を含み、これは、DSPソフトウェアコンポーネント又はソフトウェアとハードウェアとの組み合わせとして実現される。TX DSP112において、入来する情報ビットは、トーンにそれぞれ関連する並列の分岐において処理される。TX DSP112は、複数の変調フォーマットを使用して情報ビットをシンボルに符号化又はマッピングするように構成される。TX DSP112は、シンボルを符号化（又は変換）するための偏波符号化器を含んでもよい。この説明において、「符号化」、「マッピング」及び「変調」という用語は、交換可能に使用され得る。TX DSP112は、柔軟なビットローディング方式を用いて、N個のトーンのためのN個の分岐へのビットローディングを最適化するように構成され、少なくとも2つのトーンのビットビットレートは異なってもよい。N個のトーンの間ビットローディングは、変調構成及び/又はトーンの特長（例えば、利用可能なチャネル帯域幅、SNR）に基づいて決定されてもよい。TX DSP112は、柔軟な電力割り当て方式を用いてシンボルの1つ以上への電力割り当てを最適化するように構成される。送信機110は、パルス整形のためのコンポーネント及び/又は信号の歪みの補償のためのコンポーネントを含んでもよい。送信機110は、光リンク120を介した受信機130の1つ以上への光信号の伝送のためのフロントエンド114を含んでもよい。

【0021】

受信機130は、デジタル信号処理（DSP）に基づく受信機ユニット（「RX DSP」として示す）132を含み、これは、DSPソフトウェアコンポーネント又はソフトウェアとハードウェアとの組み合わせとして実現される。RX DSP132において、入来する信号は、並列に処理されるN個のトーンを用いた信号に多重分離される。RX DSP132は、複数の復調フォーマットを使用して、送信機110の1つ以上から受信した変調されたN個のトーンを復号化するように構成され、トーンのうち1つの1つの復調フォーマットは、トーンのうちの他のものの他の復調フォーマットとは異なってもよい。受信機130は、波長分散補償（CDC）を含む、信号の歪みの補償のためのコンポーネントのような他のコンポーネントを含んでもよい。受信機130は、光リンク120を介して送信機110の1つ以上から光信号を受信するためのフロントエンド134を含んでもよい。

【0022】

信号再調整（reconditioning）は、信号品質を改善するために、アナログ領域及び/又はデジタル領域において適用されてもよい。再サンプリング及び/又は再タイミングは、送信機110と同じシンボルタイミング及び持続時間を調整して維持するために、デジタル信号に適用されてもよい。

【0023】

光リンク120は、カスケード式波長選択スイッチ（WSS）、ファイバ、増幅器及び他のコンポーネントのような光フィルタを含んでもよい。光リンク120は、波長分散（CD）、非線形位相ノイズ、偏波モード分散（PMD）、偏波依存損失（PDL）、偏波依存利得、偏波回転及び光白色ガウス雑音の源を含んでもよい。コヒーレント光システム100は、光リンク120及び/又はWSSの欠陥による信号の歪みを補償するように構成される。

【0024】

図2は、複数のトーン210、220及び230を用いた単一波DMT信号200のスペクトルの例を示す。図2では、中間トーン210及びサイドトーン220及び230を有する3つのトーンが、例示目的のみのために示されている。x軸は無線周波数範囲を表し、y軸は振幅を表す。DM

10

20

30

40

50

T信号は、図1のTX DSP112において取得されてもよく、より高次の変調フォーマットが中間トーン(210)において使用されてもよく、より低次の変調フォーマットがサイドトーン(220、230)において使用されてもよい。

【0025】

図3は、マルチ変調DMTシステムの送信機300を示す。送信機300は、DPSに基づく送信機ユニット(「TX DSP」として示す)310を含む。TX DSP310は、図1のTX DSP112に対応してもよい。図3において、1つのトーンについてそれぞれ複数の並列処理分岐(総数「 i 」)が存在する。TX DSP310は、符号化ユニット(Mod1、Mod2、...、Mod i 、 $i>1$)を使用して入来するビットストリームを符号化又はマッピングする。偏波分割多重構造では、分岐上の符号化ユニット(例えば、Mod1)は、2つの偏波成分のための2つの分岐を有し、符号化ユニットは、2つの分岐のそれぞれにおいてシンボル変調を実行する。TX DSP310は、入来するビットストリームをN個の分岐のためのN個のビットストリーム(N個のグループのビット)に変換し、データビットの関連するグループをN個の分岐のそれぞれにロードするためのモジュール312を含む。データビットの各グループは、入来するビットストリームの1つ以上のビットを有し、これは、シンボルを生成するために、トーンにおいてデータビットのグループを符号化するための関連する分岐にロードされる。シンボルを生成するためのデータビットのグループは、関連する変調フォーマットに基づいて符号化するために分岐に柔軟に割り当てられる。TX DSP310は、合計電力をシンボルに分割するために分岐上の各シンボルの電力を調整するようにそれぞれ構成された複数の電力割り当て器(Pow1、Pow2、...、Pow i)を含む。柔軟な電力割り当ては、ルックアップテーブル(LUT)330を使用して実現されてもよい。LUT330は、TX DSP310の内部でもよく、或いは外部でもよい。LUT330又はLUT330の値は、通信ネットワークを介して提供されてもよい。

【0026】

TX DSP310は、入来する情報ビットを処理するためのFEC符号化器318を含んでもよい。TX DSP310は、変調されたトーンを多重するためのモジュール320を含んでもよい。モジュール320は、歪みの補償及びパルス整形のためのコンポーネントを含んでもよい。補償及びパルス整形は、各分岐において並列に実現されてもよい。補償及びパルス整形は、時間領域又は周波数領域において実現されてもよい。送信機300は、TX DSP310から光リンク(例えば、図1の120)への変調された信号の伝送のためのフロントエンド350を含んでもよい。フロントエンド350は、図1のフロントエンド114に対応してもよい。フロントエンド350は、デジタル-アナログ変換器(DAC)340を介してTX DSP310に通信可能に結合されてもよい。フロントエンド350は、変調器352、例えば、電気光(E/O)変換器、ドライバ、増幅器、フィルタ、レーザ、偏波分割多重(PM)同相及び直交位相(PM-I&Q)変調器及び他の電気及び光コンポーネントを含んでもよい。

【0027】

TX DSP310の1つの実現では、より低次の変調がN個のトーンのサイドトーンにおいて使用され、より高次の変調が中間トーンにおいて使用される。固定のスペクトル効率において異なる変調フォーマットを複数のトーンに割り当てることにより、帯域幅許容差が増加し、これにより、最大実現可能ボーレート(及び対応してデータレート)が増加する。TX DSP310の1つの実現では、N個のトーンの間柔軟な電力割り当ては、異なる変調フォーマットの間利用可能な帯域幅及び/又は所要のSNR差に基づいて実現される。柔軟な電力割り当ては、全体のビット誤り率(BER)をその最低の値に保持するように構成されてもよい。

【0028】

図4は、マルチ変調DMTシステムの受信機400を示す。受信機400は、DSP受信機ユニット(「RX DSP」として示す)410を含む。RX DSP410は、図1のRX DSP132に対応してもよい。受信機400は、複数の復調フォーマットを使用して送信機(例えば、図3の300)の1つ以上から伝送されたデータを復号化するように構成される。RX DSP410は、入来する信号の信号スペクトルをN個のトーンに多重分離するためのモジュール414を含む。1つのト

10

20

30

40

50

ーンについてそれぞれ複数の並列処理分岐（総数「 i 」）が存在する。RX DSP410は、複数の復号化ユニット（DeMod1、DeMod2、...、DeMod i 、 $i>1$ ）412を使用して変調されたトーンを復号化する。復号化ユニット412は、送信機側（例えば、図3の300）において使用される複数の変調フォーマットに関連する複数の復調フォーマットを使用し、1つの復調フォーマット（例えば、Demod1）は、他のフォーマット（例えば、Demod2）とは異なってもよい。

【0029】

RX DSP410は、元の順序に回復するために復号化されたビットをシリアル化するためのパラレル-シリアル変換器416を含んでもよく、これにより、シリアル情報データ信号を回復する。RX DSP410は、信号の歪みの補償のためのコンポーネント、例えば、CDC等化器のような他のコンポーネントを含んでもよい。補償は、各分岐において並列に実現されてもよい。RX DSP410は、FEC復号化器418を含んでもよい。RX DSP410において、偏波状態（SOP）回転、偏波モード分散（PMD）、偏波依存損失（PDL）、レーザ位相雑音、PPM、周波数オフセット、I-Q及びX-Y遅延、I-Q不均衡等のような順静的なチャネル欠陥及びハードウェア欠陥も、デジタル的に補償されてもよい。RX DSP410は、各分岐上にキャリア回復（CR）ユニットを含んでもよい。

【0030】

受信機400は、光リンク（例えば、図1の120）から光信号を受信するためのコヒーレント受信機ユニット440を含んでもよい。コヒーレント受信機ユニット440は、図1のフロントエンド134に対応してもよい。コヒーレント受信機ユニット440は、受信した光信号を直交偏波成分（例えば、X偏波成分及びY偏波成分）及び直交位相成分（例えば、同相（I）成分及び直交位相（Q）成分）に分離してもよい。コヒーレント受信機ユニット440は、分離された光信号成分を複数のアナログ電気信号又は成分に変換してもよく、それぞれが偏波成分のI又はQ成分である。コヒーレント受信機ユニット440は、アナログ-デジタル変換器（ADC）430を介してTX DSP410に通信可能に結合されてもよい。コヒーレント受信機ユニット440は、ローカル発振器（LO）、ミキサ及び光検出器（例えば、p型/真性/n型（PIN）ダイオード）を含んでもよい。

【0031】

図5は、送信機のDSPユニット500を示す。DSPユニット（「TX DSP」として示す）500は、図1のTX DSP112又は図3のTX DSP310に対応してもよい。TX DSP500は、DAC（例えば、図3の340）を介してフロントエンド（例えば、図1の114、図3の350）に結合されてもよい。TX DSP500は、コヒーレント光送信機又は受信機のコンポーネントである。4つのトーンについて4つの分岐（B1、B2、B3及びB4）が存在する。この例では、トーン（分岐）の総数は4であることを仮定する。トーン（分岐）の数は4に限定されず、コンポーネントは、トーンに応じてスケールリングされてもよい。TX DSP500において、データは並列構造で処理され、次に4つのトーンを用いた単一波変調DMT信号を受信機側に伝送するために多重される。TX DSP500は、異なる変調フォーマットを使用することができる符号化ユニット530（例えば、Mod1、Mod2、Mod3、Mod4）を含む。TX DSP500は、入来するビットを処理するためのFEC符号化器510を含んでもよい。入来する情報ビットは、FEC符号化器510において処理されてもよく、FEC符号化器510の後の情報ビットは、シリアル-パラレル変換器を使用してマルチプレクサ（MUX）520においてパラレル化されてもよい。分岐上の符号化ユニットは、分岐上の関連する情報ビットストリーム（データビットのグループ）を固有のビットレートを用いたトーンに符号化又はマッピングするように構成される。符号化ユニットは、X偏波成分及びY偏波成分のそれぞれを対応するシンボルにマッピングする。

【0032】

TX DSP500の1つの実現では、各分岐へのビット割り当ての比は、その対応する変調フォーマットのシンボル当たりのビット数に直接関係する。例えば、サイド分岐のための変調フォーマットが双方共にQPSKであり、中間分岐のための変調フォーマットが双方共に16

10

20

30

40

50

QAMである場合、第1及び第4分岐へのビットレート割り当ては、第2及び第3分岐のためのものの半分である。これによって、シリアル-パラレルモジュール(すなわち、MUX520)の入力として6ビット毎に、サイド分岐の符号化ユニット(例えば、Mod1及びMod4)のそれぞれは1ビットを受信し、中間分岐の符号化ユニット(例えば、Mod2及びMod3)のそれぞれは2ビットを受信する。この例では、中間分岐の入力ビットレートは、サイド分岐のものの2倍である。その後、各分岐の入力ビットは、これらの対応するDMT変調シンボルにマッピングされる。この時点から、全ての分岐のシンボルレートは同じである。偏波多重構造では、この処理は、各偏波に適用される。

【0033】

TX DSP500は、DMTシンボルの1つ以上を強調するために各分岐への柔軟な電力割り当てを実行する。偏波多重構造では、この処理は、各偏波に適用される。電力割り当ては、ミキサ540により実現されてもよい。電力割り当ては、各分岐においてシンボルのRMSを正規化した後に実現されてもよい。1つの実現では、各トーンへの電力割り当ては、最低の全体BERを実現するために最適化される。例えば、中間分岐(例えば、B2、B3)におけるシンボルは、2の電力係数により乗算され(例えば、PA2、PA3=2; PA1、PA4=1)、これは、QPSKと16QAMとの間の所要のSNR差を補償し、これにより、6dBだけ高いSNRを用いて中間トーンを伝送する。

【0034】

1つの実現では、例えば、「A Practical Discrete Multitone Transceiver Loading Algorithm for Data Transmission over Spectrally Shaped Channels」(IEEE Trans. Communications, vol. 4, no. 2/3/4, pp.773-775, 1995)に開示されたChowのアルゴリズムのようなマルチトーン送受信機ローディングアルゴリズムが、電力割り当て及びビットローディングを最適化するために使用されてもよい。

【0035】

TX DSP500は、周波数領域において電力割り当ての後のシンボルをサブチャネル信号に変換するためのモジュールを含んでもよい。TX DSP500は、分岐にそれぞれ割り当てられたパルス整形のためのパルス整形(PS)モジュール560を含んでもよい。PSモジュール560は、離散スモールFFT550を使用してトーンにおいて独立してパルス整形を実現してもよい。パルス整形は、時間領域において実現されてもよい。TX DSP500は、各分岐上の信号の歪みの前補償のための1つ以上の他のコンポーネントを含んでもよい。前補償の後の信号は、伝送されるために、DAC(例えば、図3の340)及び変調器(例えば、図2の352)を通過してもよい。TX DSP500は、離散時間領域において変調及び多重された信号のサンプルを出力するためのIFFT570を含んでもよい。IFFT570は、4つの変調されたトーンを用いた信号を出力するために十分な数のタップを有してもよい。

【0036】

図6は、図5のTX DSP500において取られるマルチ変調トーン方式を示す。図6において、周波数領域における4つの変調された周波数トーン610、620、630、640が概略的に示されている。IFFT570の出力において、IFFT570からの出力信号のスペクトルは、4つの変調されたトーン650(一般的にN個の変調されたトーン)を有する。

【0037】

図7は、DAC(例えば、図3の340)の前の図5のTX DSP500からの出力のスペクトル図700の例を示す。x軸は周波数を表し、y軸は振幅を表す。出力のスペクトル700は、サイド分岐上の4つのトーンの中の2つのサイドトーンの成分710及び740と、中間分岐上の4つのトーンの中の中間の2つのトーンの成分720及び730とを含む。成分710及び740は、例えば、図5のB1及びB4において取得され、成分720及び730は、例えば、図5のB2及びB3において取得される。

【0038】

図8は、受信機のDSPユニット800を示す。DSPユニット(「RX DSP」として示す)800は、コヒーレント光送受信機のコンポーネントである。RX DSP800は、図1のRX DSP132又は図4のRX DSP410に対応してもよい。RX DSP800は、ADC(例えば、図4の430)を介

10

20

30

40

50

してフロントエンド（例えば、図1の134）又はコヒーレント受信機ユニット（例えば、図4の440）に結合されてもよい。RX DSP800において、変調された4つのトーンを用いた入来する信号は、送信機（例えば、図5の500）の方式に従って並列構造で処理される。この例では、入来する信号の周波数スペクトルが4つのトーンに多重分離されることを仮定するが、トーンの数には4に限定されない。RX DSP800は、異なる復調フォーマットを使用することができる復号化ユニット860（例えば、DeMod1、DeMod2、DeMod3、DeMod4）を含む。復調フォーマットは、送信機において使用される変調フォーマットに対応する。RX DSP800は、復調フォーマットに基づいてシンボルを復号化又は復調し、復調フォーマットの1つ（例えば、DeMod1）は、他の復調フォーマット（例えば、DeMod2）とは異なってもよい。

10

【0039】

RX DSP800は、受信した単一波信号の周波数スペクトルを4つの周波数トーンに多重分離又はスライスするためにFFT810を使用してもよく、これは、フィルタ補償の後に実現されてもよい。RX DSP800は、マッチフィルタ、CD補償（CDC）820及びMIMO等化器840のような補償成分のためのコンポーネントを含んでもよい。CDC820の出力は、スモールIFFT830に接続されてもよい。MIMO等化器840は、多重された偏波コヒーレント光チャネルのために使用されてもよい。RX DSP800は、送信機における発振器と受信機側におけるローカル発振器との間の周波数及び/又は位相のいずれかの不一致を追跡して補償するために、キャリア回復ブロック（CR）850を含んでもよい。

【0040】

20

各偏波の信号は、後補償（post-compensation）の後に、対応する送信機（例えば、図5の500）に従ってDMTの4つのトーンに多重分離されてもよい。トーンを処理してこれらを並列構造に復号化した後に、各分岐の復号化されたビット（対応する変調フォーマットに従って異なるビットレートを持つ）は、パラレル-シリアル変換器（例えば、マルチプレクサ870）を使用してシリアル化されてもよく、これにより、シリアル情報データ信号を回復する。

【0041】

図9は、図8のRX DSP800で取られるマルチ変調トーン方式を示す。図9において、FFT810は、周波数領域において4つの変調されたトーン900を出力し、これらは、CDC820において処理され、IFFT830において変換される。IFFT830の出力において、変調された信号のスペクトルは、4つの変調されたトーン910を有する。

30

【0042】

DMTでは、信号スペクトル内のヌルのため、低周波数発信（LOFO）は、周波数領域において正確に推定されることができる。DMTでは、CDは、トーン毎に独立して補償されることができる。CDは、周波数の放物線関数に従うため、Mだけトーン帯域幅を減少させることは、 M^2 だけFFT分解能を減少させることを生じる。これは、周波数領域等化器（FDEQ）におけるハードウェアリソースを低減することをもたらす。したがって、CDCの1つの実現では、CDの放物線部分が各トーンにおいて補償され、すなわち、 f_0 がそのトーンを中心周波数である場合に $\exp(jD(f-f_0)^2)$ を補償する代わりに、RX DSP800は、 $\exp(jDf^2)$ を補償し、 $\exp(-j2Df_0f)+\exp(jDf_0^2)$ をフレーム及びキャリア位相回復モジュールにおいて補償されるために残す。 $\exp(-j2Df_0f)$ におけるCDの線形残余位相のため、ウィンドウ化（windowing）は、オーバーラップ保存（overlap-and-save）方法において最適化され得る。

40

【0043】

複雑な推定方法（例えば、最尤系列推定（MLSE））の実現は、任意選択でもよい。狭い帯域幅のフィルタリング（例えば、多数のWSS、低いRF帯域幅等）の場合、サイドトーンのみが影響を受ける。したがって、複雑な推定方法は、サイドトーンのみにおいて任意選択で実現されてもよく、これは、より効率的かつより複雑でないハードウェア設計をもたらす。非常に近い隣接チャネル（例えば、DWDM、スーパーチャネル等）が存在する場合、サイドトーンのみがチャネル間干渉（ICI）により干渉を受ける。したがって、ICI等化器は、サイドのサブチャネルのみにおいて実行されてもよく、これは、ICI等化器の複雑性

50

の低減をもたらす。これにより、DSPアルゴリズム（例えば、MLSE、ICI等化器）の実現の複雑性が減少する。

【 0 0 4 4 】

図 1 0 A ~ 1 0 C は、周波数スペクトルの図1010、1020及び1030の例を示す。x軸は周波数を表し、y軸は振幅を表す。図 1 0 A に示すスペクトル1010は、シングルキャリア受信機において受信したシングルキャリア変調信号のシングルキャリアスペクトルである。図 1 0 B に示すスペクトル1020は、DMT受信機において受信した信号の8QAM-DMTスペクトルである。図 1 0 C に示すスペクトル1030は、送信機（例えば、図 5 のTX DSP500）から伝送され、受信機（例えば、図 8 のRX DSP800）において受信された信号のマルチ変調DMTスペクトルである。

10

【 0 0 4 5 】

図 1 0 C のスペクトル1030に関して、QPSKは、4つのトーンの中のサイドトーンに適用され、16QAMは、4つのトーンの中の中間トーンに適用される。柔軟な電力割り当ては、前FECにおいて光信号対雑音比（OSNR）を最小化 $BER=2.6e^{-2}$ するように実行される。コヒーレント偏波分割多重（PDM）のシナリオが検討される。パルス整形は、0.1のロールオフ係数（roll-off-factor）を用いたルート二乗余弦（root raised-cosine）である。トーンの間隔は、 $0.06f_B$ に設定される。スループット $R=2f_B * E\{bit/sym\} * OH^C / O$ である。したがって、固定のオーバーヘッド及び平均ビット/シンボルでは、 $R=Kf_B$ であり、Kは定数である。したがって、最大データレートの代わりに、RF帯域幅に対する最大実現可能ボーレートが図 1 1 に示すようにプロットされる。8QAMの付加白色ガウス雑音（AWGN）制限から

20

【 0 0 4 6 】

図 1 1 は、RF帯域幅に対する最大実現可能ボーレートのプロット1110及び1120を示す。プロット1110は、情報が複数のトーンを用いたシングルキャリアを使用して送信される場合のシングルキャリア（SC）8QAM送受信機モデルを使用して計算されている。プロット1120は、送信機（例えば、図 1 の110、図 3 の300、図 5 の500）及び受信機（図 1 の130、図 4 の400、図 8 の800）を用いたマルチ変調DMTシステムを使用して計算されている。割り当てられた電力及びビットローディングされたDMTは、最大ボーレートを約30~40%増加させる。

30

【 0 0 4 7 】

図 1 2 は、ルックアップテーブル（LUT）1200の例を示す。LUT1200は、柔軟な電力割り当てのための変調フォーマットと電力割り当て境界との間の関係を規定する。この例では、LUT1200は、2つのサイドトーンにおけるQPSK及び2つの中間トーンにおける16QAMを用いた4つのトーンのDMTのための送受信機についてのものである。例えば、LUT1200は、図 5 のTX DSP500において使用される。LUT1200の上の行1210は、ボーレートに対するTx-RF及びRx-RF帯域幅の比である。Tx-RF及びRx-RF帯域幅は等しいことを仮定する。LUT1200の下の行1220は、サイドトーンに対して中間トーンに割り当てられた電力比（dB単位）である。例えば、RF帯域幅が $0.3 * f_{Baud}$ である場合、送受信機は、QPSKチャンネルに比べて16QAMチャンネルに6dB高い電力を割り当てる。柔軟な電力割り当てのために異なるLUTがシンボルにおいて適用されてもよい。

40

【 0 0 4 8 】

図 1 3 は、光通信ネットワークの送信機側（例えば、図 1 のTX DSP112、図 3 のTX DSP310、図 5 のTX DSP500）により実現され得る光通信方法1300を示す。入来するビットストリームは、柔軟なビットローディング方式を用いて各トーンへのビットレートを最適化するために、N個のトーンについてN個のグループのビットに変換される（1310）。トーンについて固有のビットレートを用いた各ビットストリームは、変調フォーマットを用いてシンボルにマッピングされる（1320）。シンボルの1つ以上の電力は、柔軟な電力割り当て方式を用いて最適化され（1330）、これは、LUT（例えば、図 3 の330、図 1 2 の1200）

50

を使用して実現されてもよい。変調されたNビットの信号は、例えば、複数のチャネル信号を生成するためにFFTを適用することにより、時間領域から周波数領域に変換されてもよく、次に、パルス整形を実行するためにフィルタリングされてもよい(1340)。結果のチャネル信号は、例えば、デジタル電気信号を出力するためにラージIFFT(例えば、図5の570)を適用することにより多重される(1350)。デジタル電気信号は、例えば、DAC(例えば、図3の340)を使用することにより、アナログ信号に変換されてもよく、次に、伝送のために光信号に変換されてもよい(1360)。

【0049】

図14は、光通信ネットワークの受信機側(例えば、図1のRX DSP132、図4のRX DSP410、図8のRX DSP800)により実現され得る光通信方法1400を示す。方法1400は、光通信ネットワークの送信機側により実現する機能を含んでもよい。光信号が受信される(1410)。光信号は、例えば、O/E変換及びAD変換により、デジタル電気信号に変換される(1420)。デジタル電気信号は、例えば、複数のチャネル信号を生成するためにFFT(例えば、図8の810)を適用することにより、周波数領域に変換されてもよい。デジタル電気信号は、各トーンにおける歪みの補償及びキャリア回復のために処理されてもよい(1430)。処理された信号は、送信機側において使用された変調フォーマットに対応する復調フォーマットを用いて復号化される(1440)。復調されたビットの信号は、元の順序を回復するためにシリアル化される(1450)。

【0050】

図15は、符号化されたデータを用いた光信号を送信及び/又は受信するいずれかのデバイスでもよい送受信機ユニット1500を示す。例えば、送受信機ユニット1500は、図1に示す送信機1100及び受信機1300を実現し得る光通信システムに位置してもよい。送受信機ユニット1500は、コヒーレント光送受信機でもよい。送受信機ユニット1500は、マルチ変調DMT方式、柔軟なビットローディング、柔軟な電力割り当て、並びに図13及び14の光通信方法1300及び1400のような、ここに記載の方式のいずれかを実現又はサポートするように構成されてもよい。送受信機ユニット1500はまた、光回線終端装置(OLT)、宅内接地装置(ONU)及び/又は他の光ネットワークエレメントのような、オプティカル・トランスポート・ネットワーク(OTN)内の他のノードとして動作してもよい。送受信機ユニットという用語は、広い範囲のデバイスを含み、送受信機ユニット1500が一例である。送受信機ユニット1500は、説明の明瞭性の目的のみで含まれており、この開示の適用を特定の送受信機ユニット又は送受信機ユニットのクラスに限定することを決して意味しない。

【0051】

例えば、開示の特徴/方法は、ハードウェア、ファームウェア及び/又はハードウェア上に動作するようにインストールされたソフトウェアを使用して実現されてもよい。図15に示すように、送受信機ユニット1500は、それぞれ、OTNにおける伝送のため及び/又はOTNから光信号を受信するために電気信号を光信号に変換し、光信号を電気信号に変換し得る電気光(E/O)フロントエンド1510及び/又は光電気(O/E)フロントエンド1520を含んでもよい。プロセッサ1530は、それぞれ複数のDAC1540及びADC1550を介してE/Oフロントエンド1510及びO/Eフロントエンド1520に結合されてもよく、これらは、プロセッサ1530の一部でもよく、或いは一部でなくてもよい。DAC1540は、プロセッサ1530により生成されたデジタル電気信号を、E/Oフロントエンド1510に供給され得るアナログ電気信号に変換してもよい。ADC1550は、O/Eフロントエンド1520から受信したアナログ電気信号を、プロセッサ1530により処理され得るデジタル電気信号に変換してもよい。送受信機ユニットが送信側にある場合、プロセッサ1530は、各トーンへのビットローディングのための柔軟なビットローディングユニット1533と、1つ以上のトーンへの電力割り当てのための柔軟な電力割り当てモジュール1534とを含んでもよい。プロセッサ1530は、1つ以上のマルチコアプロセッサ及び/又はメモリモジュール1532に結合されてもよく、メモリモジュール1532は、データストア、バッファ等として機能してもよい。メモリモジュール1532は、柔軟な電力割り当てのためのルックアップテーブルを含んでもよい。プロセッサ1530は、

汎用プロセッサとして実現されてもよく、或いは1つ以上のASIC及び/又はDSPの一部でもよい。柔軟なビットローディングユニット1533及び柔軟な電力割り当てモジュール1534は、メモリモジュール1532に記憶された命令として実現されてもよく、命令は、プロセッサ1530により実行されてもよい。メモリモジュール1532は、コンテンツを一時的に記憶するためのキャッシュ、例えば、ランダムアクセスメモリ(RAM)を含んでもよい。さらに、メモリモジュール1532は、比較的長くコンテンツを記憶するための長期記憶装置、例えば、読み取り専用メモリ(ROM)を含んでもよい。例えば、キャッシュ及び長期記憶装置は、ダイナミックランダムアクセスメモリ(DRAM)、ソリッドステートドライブ(SSD)、ハードディスク又はこれらの組み合わせを含んでもよい。プロセッサ1530は、プログラム可能なプロセッサであり、実行可能命令は、送受信機ユニット1500、プロセッサ及び/又はメモリモジュール1532の少なくとも1つにロードされてもよい。送信機側(例えば、図1の112、図3の310、図5の500)における並列処理分岐のそれぞれは、実行可能命令を使用して構成されてもよく、実行可能命令は、ビットレート、各分岐の変調フォーマット、分岐の総数、並びに分岐のビットローディング及び電力割り当て方式を含んでもよい。受信機側(例えば、図1の132、図4の410、図8の800)における並列処理分岐のそれぞれは、実行可能命令を使用して構成されてもよく、実行可能命令は、各分岐の復調変調フォーマット及び分岐の総数を含んでもよい。

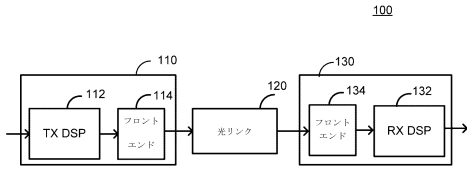
【0052】

開示のいずれかの処理は、プロセッサ、デジタルシグナルプロセッサ(DSP)、特定用途向け集積回路(ASIC)、又はシステム内のプロセッサのコンポーネント(例えば、図1の110、130)に対して、コンピュータプログラムを実行させるか、或いは機能を提供させることにより実現されてもよい。この場合、コンピュータプログラムプロダクトは、いずれかの種類の過渡的でないコンピュータ読み取り可能媒体を使用してコンピュータ又はモバイルデバイスに提供されることができる。コンピュータプログラムプロダクトは、コンピュータ又はネットワークデバイス内の過渡的でないコンピュータ読み取り可能媒体に記憶されてもよい。過渡的でないコンピュータ読み取り可能媒体は、いずれかの種類の有形の記憶媒体を含む。過渡的でないコンピュータ読み取り可能媒体の例は、磁気記憶媒体(磁気テープ、ハードディスクドライブ、フラッシュメモリ等)、光磁気記憶媒体(例えば、光磁気ディスク)、コンパクトディスク読み取り専用メモリ(CD-ROM)、書き込み可能コンパクトディスク(CD-R)、再書き込み可能コンパクトディスク(CD-R/W)、デジタル多目的ディスク(DVD)、ブルーレイ(登録商標)ディスク(BD)、及び半導体メモリ(マスクROM、プログラム可能ROM(PROM)、消去可能PROM、フラッシュROM及びRAM等)を含む。コンピュータプログラムプロダクトはまた、いずれかの種類の過渡的なコンピュータ読み取り可能媒体を使用してコンピュータ又はネットワークデバイスに提供されてもよい。ここで使用される「(タスクを実行する)ように構成される」という用語は、プログラム可能であること、プログラムされること、接続可能であること、配線されること、或いは配置又はインストールされたときにここに記載のようにタスクを実行する能力を有するように構築されることを含む。

【0053】

この開示において複数の実施例が提供されているが、開示のシステム及び方法は、この開示の範囲から逸脱することなく、多くの他の具体的な形式で実現されてもよいことが理解され得る。この例は、限定的ではなく例示的として考えられるべきであり、意図は、ここに与えられる詳細に限定されるものではない。例えば、様々なエレメント又はコンポーネントは、他のシステムに組み合わされるか或いは統合されてもよく、或いは特定の特徴は、省略されるか或いは実現されなくてもよい。複数の変形及び変更は、特許請求の範囲において規定される発明の範囲を逸脱することなく行われることができる。

【図1】



【図2】

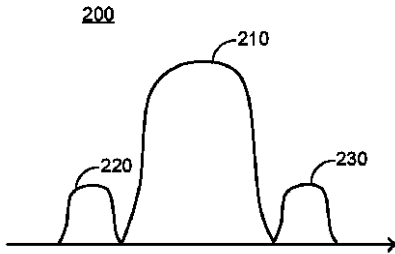
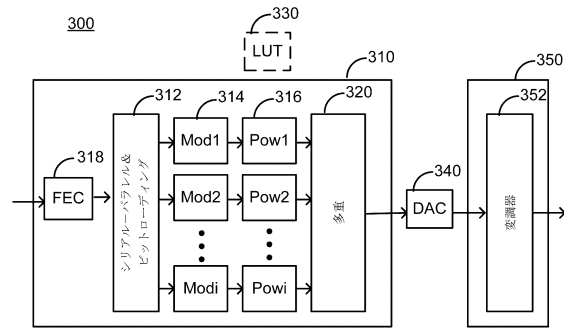
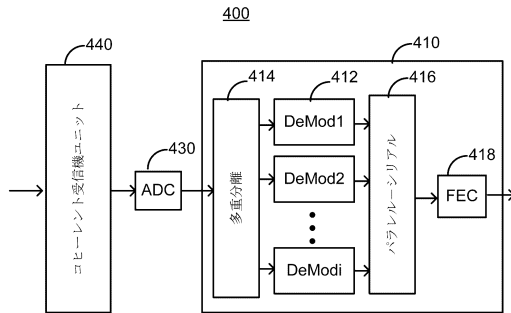


Figure 2

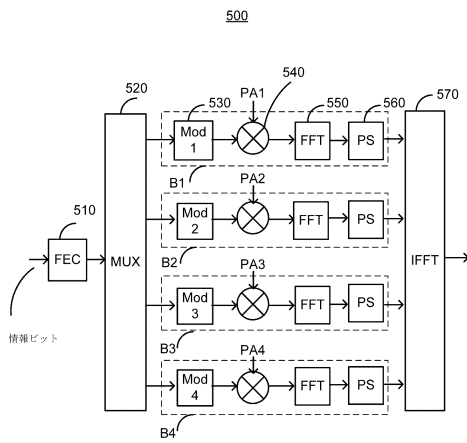
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

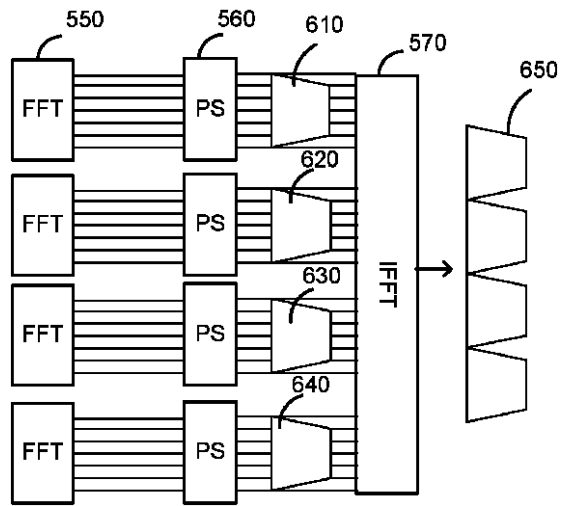
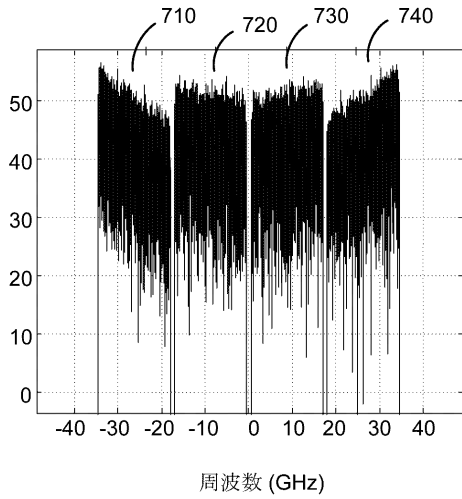


Figure 6

【 図 7 】



【 図 8 】

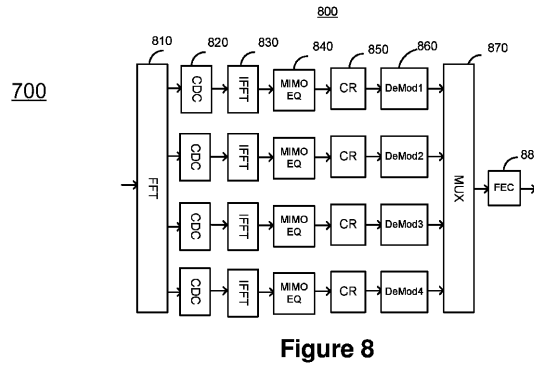


Figure 8

【 図 9 】

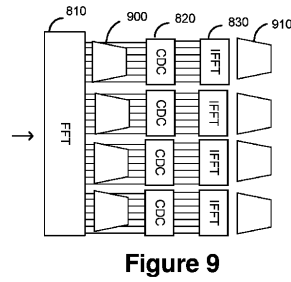


Figure 9

【 図 10 A 】

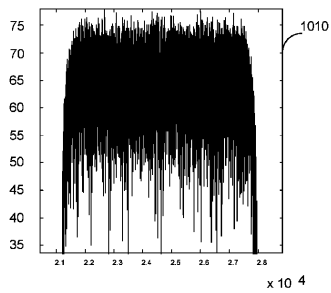


Figure 10A

【 図 10 B 】

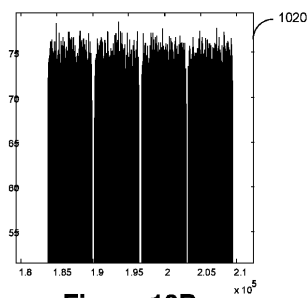


Figure 10B

【 図 10 C 】

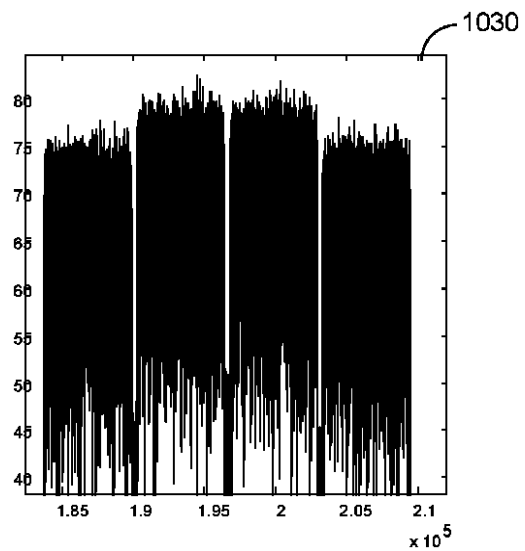
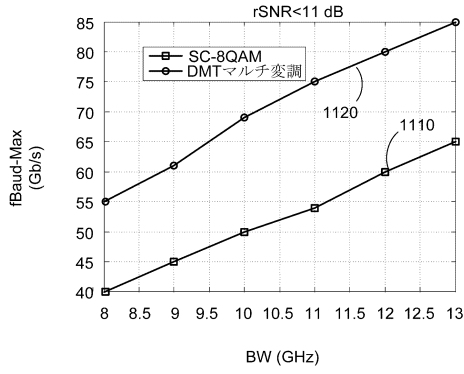


Figure 10C

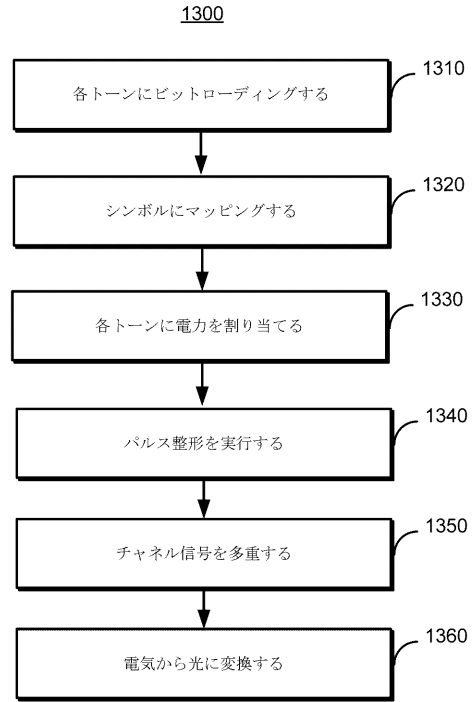
【図11】



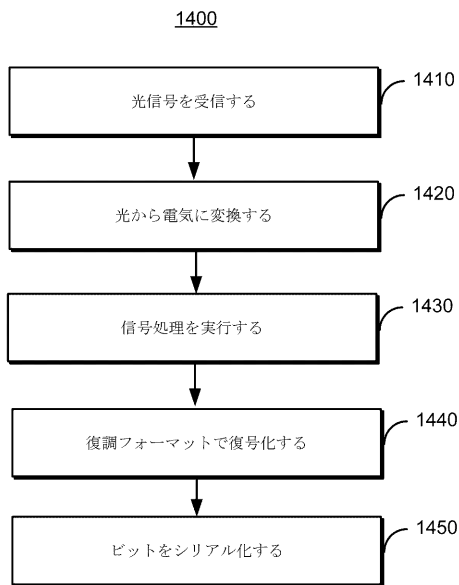
【図12】

ドライバ BW/fBaud	0.19	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30
電力差 (dB)	10.88	6.85	5.80	5.57	5.71	5.80	5.93	5.93	5.93	5.98	6.00	6.00

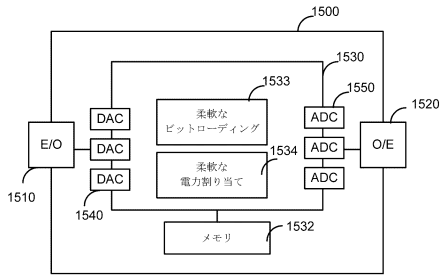
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

- (74)代理人 100070150
弁理士 伊東 忠彦
- (74)代理人 100091214
弁理士 大貫 進介
- (72)発明者 リ, チョアンドオン
カナダ国, オンタリオ州 ケー2 ジェイ 0エイチ3, オタワ, タペストリー・ドライブ 137
- (72)発明者 ジャン, ジュホオン
カナダ国, オンタリオ州 ケー2 ティー 1ジー3, オタワ, インズミル・クレセント 176
- (72)発明者 ザマニ, マハディ
カナダ国, オンタリオ州 ケー2 ビー 8ジェイ6, オタワ, リッチモンド・ロード 1330,
アパートメント 911

審査官 大野 友輝

- (56)参考文献 中国特許出願公開第103684696(CN, A)
特開2004-112781(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|--------|
| H04L | 27/26 |
| H04B | 10/516 |
| H04B | 10/61 |