

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6808755号
(P6808755)

(45) 発行日 令和3年1月6日(2021.1.6)

(24) 登録日 令和2年12月11日(2020.12.11)

(51) Int.Cl.
H03M 13/19 (2006.01)F I
H03M 13/19

請求項の数 16 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2018-558355 (P2018-558355)	(73) 特許権者	507364838
(86) (22) 出願日	平成29年5月12日 (2017.5.12)		クアルコム、インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2019-519974 (P2019-519974A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア 921
(43) 公表日	令和1年7月11日 (2019.7.11)		21 サン ディエゴ モアハウス ドラ
(86) 国際出願番号	PCT/US2017/032413		イブ 5775
(87) 国際公開番号	W02017/197267	(74) 代理人	100108453
(87) 国際公開日	平成29年11月16日 (2017.11.16)		弁理士 村山 靖彦
審査請求日	令和1年12月6日 (2019.12.6)	(74) 代理人	100163522
(31) 優先権主張番号	62/335,163		弁理士 黒田 晋平
(32) 優先日	平成28年5月12日 (2016.5.12)	(72) 発明者	トーマス・ジョセフ・リチャードソン
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		アメリカ合衆国・カリフォルニア・921
(31) 優先権主張番号	15/593,035		21-1714・サン・ディエゴ・モアハ
(32) 優先日	平成29年5月11日 (2017.5.11)		ウス・ドライブ・5775
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 拡張パンクチャリングおよび低密度パリティ検査 (LDPC) コード構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のワイヤレス通信デバイスを含むワイヤレス通信ネットワーク内の可変の通信レートにおけるワイヤレス無線チャネルにわたるワイヤレス通信のためのワイヤレス通信デバイス実施方法であって、前記方法が、

ワイヤレス通信デバイスのエンコーダによって、コードワードを生成するために低密度パリティ検査(LDPC)コードに基づいて情報ビットのセットを符号化するステップであって、前記LDPCコードが、第1の数の変数ノードおよび第2の数のチェックノードを有するベースグラフによって定義される、符号化するステップと、

前記ワイヤレス通信デバイスのパンクチャリングモジュールによって、パンクチャリングパターンに従って、パンクチャリングされたコードワードを生成するために前記ベースグラフ内の前記第1の数の変数ノードのうちの少なくとも2個に対応する前記コードワード内のビットをパンクチャするステップであって、前記ベースグラフが前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードのために少なくとも1個の追加の変数ノードを含み、各追加の変数ノードが1個のチェックノードに接続され、前記1個のチェックノードが前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードのうちの2個に結合された、パンクチャするステップと、

前記ワイヤレス無線チャネルにわたって前記ワイヤレス通信デバイスのアンテナを介して前記パンクチャリングされたコードワードに関連付けられた送信シンボルを含む無線周波数信号を送信するステップと

10

20

を含み、

前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードが、前記ベースグラフ内の他の変数ノードよりも前記チェックノードに対してより高次数の接続性を有するとともに、単一の高次数のパンクチャリングされたノードを有する他のLDPCコード内の変数ノードの第2の次数の接続性よりも低い、前記チェックノードに対する第1の次数の接続性を有する、方法。

【請求項2】

前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードがM個の変数ノードを備え、前記少なくとも1個の追加の変数ノードがM-1個の変数ノードを含む、請求項1に記載の方法。

10

【請求項3】

前記第1の数の変数ノードが、27個または28個の変数ノードである、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードおよび前記少なくとも1個の追加の変数ノードを有する前記ベースグラフによって定義される前記LDPCコードのZ個のコピーをとることによって、少なくとも1個のリフトされたLDPCコードを生成するステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項5】

複数のワイヤレス通信デバイスを含むワイヤレス通信ネットワーク内の可変の通信レートにおけるワイヤレス無線チャンネルにわたるワイヤレス通信のための装置であって、前記装置が、

20

コードワードを生成するために低密度パリティ検査(LDPC)コードに基づいて情報ビットのセットを符号化するための手段であって、前記LDPCコードが、第1の数の変数ノードおよび第2の数のチェックノードを有するベースグラフによって定義される、符号化するための手段と、

パンクチャリングされたコードワードを生成するために前記ベースグラフ内の前記第1の数の変数ノードのうちの少なくとも2個に対応する前記コードワード内のビットをパンクチャするための手段であって、前記ベースグラフが前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードのために少なくとも1個の追加の変数ノードを含み、各追加の変数ノードが1個のチェックノードに接続され、前記1個のチェックノードが前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードのうちの2個に結合された、パンクチャするための手段と、

30

前記パンクチャリングされたコードワードに関連付けられた送信シンボルを含む無線周波数信号を送信するための手段とを含み、

前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードが、前記ベースグラフ内の他の変数ノードよりも前記チェックノードに対してより高次数の接続性を有するとともに、単一の高次数のパンクチャリングされたノードを有する他のLDPCコード内の変数ノードの第2の次数の接続性よりも低い、前記チェックノードに対する第1の次数の接続性を有する、装置。

40

【請求項6】

前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードがM個の変数ノードを備え、前記少なくとも1個の追加の変数ノードがM-1個の変数ノードを含む、請求項5に記載の装置。

【請求項7】

前記第1の数の変数ノードが、27個または28個の変数ノードである、請求項5に記載の装置。

【請求項8】

前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードおよび前記少なくとも1個の追

50

加の変数ノードを有する前記ベースグラフによって定義される前記LDPCコードのZ個のコピーをとることによって、少なくとも1個のリフトされたLDPCコードを生成するための手段

をさらに含む、請求項5に記載の装置。

【請求項9】

複数のワイヤレス通信デバイスを含むワイヤレス通信ネットワーク内の可変の通信レートにおけるワイヤレス無線チャネルにわたるワイヤレス通信のための装置であって、

メモリに結合された少なくとも1つのプロセッサであって、

コードワードを生成するために低密度パリティ検査(LDPC)コードに基づいて情報ビットのセットを符号化することであって、前記LDPCコードが、第1の数の変数ノードおよび第2の数のチェックノードを有するベースグラフによって定義される、符号化することと

10

、
パンクチャリングされたコードワードを生成するために前記ベースグラフ内の前記第1の数の変数ノードのうちの少なくとも2個に対応する前記コードワード内のビットをパンクチャすることであって、前記ベースグラフが前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードのために少なくとも1個の追加の変数ノードを含み、各追加の変数ノードが1個のチェックノードに接続され、前記1個のチェックノードが前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードのうちの2個に結合された、パンクチャすることと
を行うように構成された、少なくとも1つのプロセッサと、

前記ワイヤレス無線チャネルにわたって前記ワイヤレス通信デバイスのアンテナを介して前記パンクチャリングされたコードワードに関連付けられた送信シンボルを含む無線周波数信号を送信するように構成された送信機と
を含み、

20

前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードが、前記ベースグラフ内の他の変数ノードよりも前記チェックノードに対してより高次数の接続性を有するとともに、単一の高次数のパンクチャリングされたノードを有する他のLDPCコード内の変数ノードの第2の次数の接続性よりも低い、前記チェックノードに対する第1の次数の接続性を有する
、装置。

【請求項10】

前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードがM個の変数ノードを備え、前記少なくとも1個の追加の変数ノードがM-1個の変数ノードを含む、請求項9に記載の装置。

30

【請求項11】

前記第1の数の変数ノードが、27個または28個の変数ノードである、請求項9に記載の装置。

【請求項12】

前記少なくとも1つのプロセッサが、

前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードおよび前記少なくとも1個の追加の変数ノードを有する前記ベースグラフによって定義される前記LDPCコードのZ個のコピーをとることによって、少なくとも1個のリフトされたLDPCコードを生成する
ようにさらに構成される、請求項9に記載の装置。

40

【請求項13】

複数のワイヤレス通信デバイスを含むワイヤレス通信ネットワーク内の可変の通信レートにおけるワイヤレス無線チャネルにわたるワイヤレス通信のためのコンピュータ実行可能コードを記憶したコンピュータ可読記憶媒体であって、前記コードが、

ワイヤレス通信デバイスのエンコーダによって、コードワードを生成するために低密度パリティ検査(LDPC)コードに基づいて情報ビットのセットを符号化するためのコードであって、前記LDPCコードが、第1の数の変数ノードおよび第2の数のチェックノードを有するベースグラフによって定義される、符号化するためのコードと、

前記ワイヤレス通信デバイスのパンクチャリングモジュールによって、パンクチャリン

50

グパターンに従って、パンクチャリングされたコードワードを生成するために前記ベースグラフ内の前記第1の数の変数ノードのうちの少なくとも2個に対応する前記コードワード内のビットをパンクチャするためのコードであって、前記ベースグラフが前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードのために少なくとも1個の追加の変数ノードを含み、各追加の変数ノードが1個のチェックノードに接続され、前記1個のチェックノードが前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードのうちの2個に結合された、パンクチャするためのコードと、

前記ワイヤレス無線チャネルにわたって前記ワイヤレス通信デバイスのアンテナを介して前記パンクチャリングされたコードワードに関連付けられた送信シンボルを含む無線周波数信号を送信するためのコードと

を含み、

前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードが、前記ベースグラフ内の他の変数ノードよりも前記チェックノードに対してより高次数の接続性を有するとともに、単一の高次数のパンクチャリングされたノードを有する他のLDPCコード内の変数ノードの第2の次数の接続性よりも低い、前記チェックノードに対する第1の次数の接続性を有する、コンピュータ可読記憶媒体。

【請求項14】

前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードがM個の変数ノードを備え、前記少なくとも1個の追加の変数ノードがM-1個の変数ノードを含む、請求項13に記載のコンピュータ可読記憶媒体。

【請求項15】

前記第1の数の変数ノードが、27個または28個の変数ノードである、請求項13に記載のコンピュータ可読記憶媒体。

【請求項16】

前記少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードおよび前記少なくとも1個の追加の変数ノードを有する前記ベースグラフによって定義される前記LDPCコードのZ個のコピーをとることによって、少なくとも1個のリフトされたLDPCコードを生成するためのコード

をさらに含む、請求項13に記載のコンピュータ可読記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照および優先権主張

本出願は、すべての適用可能な目的のためにその全体が参照により本明細書に組み込まれている、2016年5月12日に出願した米国仮特許出願第62/335,163号の利益および優先権を主張する、2017年5月11日に出願した米国出願第15/593,035号の優先権を主張するものである。

【0002】

以下で説明する技術のいくつかの態様は、一般に、ワイヤレス通信、ならびにバイナリデータにおける誤りの検出および/または補正に関し、より詳細には、拡張パンクチャリングおよび低密度パリティ検査(LDPC)コード構造のための方法および装置に関する。いくつかの態様は、パンクチャリングされたLDPCコードの改善された性能を可能にし得る。

【背景技術】

【0003】

ワイヤレス通信システムは、音声、ビデオ、データ、メッセージング、放送などの様々なタイプの通信コンテンツを提供するために広く展開されている。これらのシステムは、利用可能なシステムリソース(たとえば、帯域幅および送信電力)を共有することによって、複数のユーザとの通信をサポートすることができる多元接続技術を採用することができる。そのような多元接続システムの例は、符号分割多元接続(CDMA)システム、時分割多元接続(TDMA)システム、時分割同期CDMA(TD-SCDMA)システム、周波数分割多元接続(FDMA)シ

10

20

30

40

50

システム、シングルキャリアFDMA(SC-FDMA)システム、第3世代パートナーシッププロジェクト(3GPP)ロングタームエボリューション(LTE)システム、LTEアドバンスド(LTE-A)システム、および直交周波数分割多元接続(OFDMA)システムを含む。

【0004】

多元接続技術は、異なるワイヤレスデバイスが都市、国家、地域、さらには地球レベルで通信することを可能にする共通プロトコルを提供するために、様々な電気通信規格において採用されている。新しい電気通信規格の一例は、ニューラジオ(NR)、たとえば5G無線アクセスである。NRは、3GPPによって公表されたLTEモバイル規格の拡張のセットである。5G無線アクセスは、スペクトル効率を改善し、コストを削減し、サービスを改善し、新しいスペクトルを使用し、またダウンリンク(DL)およびアップリンク(UL)上でOFDMAをサイクリックプレフィックス(CP)とともに使用する他のオープン規格とよりうまく統合することによって、モバイルブロードバンドインターネットアクセスをよりうまくサポートし、ならびにビームフォーミング、多入力多出力(MIMO)アンテナ技術、およびキャリアアグリゲーションをサポートするように設計されている。

10

【0005】

一般に、ワイヤレス多元接続通信システムは、複数のワイヤレスノードのための通信を同時にサポートすることができる。各ノードは、順方向リンクおよび逆方向リンク上の送信を介して1つまたは複数の基地局と通信する。順方向リンク(または、ダウンリンク)は、基地局からノードへの通信リンクを指し、逆方向リンク(または、アップリンク)は、ノードから基地局への通信リンクを指す。通信リンクは、単入力単出力、多入力単出力または多入力多出力(MIMO)システムを介して確立され得る。

20

【0006】

ワイヤレス多元接続通信システムは、ユーザ機器(UE)としても知られている複数の通信デバイスのための通信を各々が同時にサポートする、いくつかのBSを含み得る。LTEネットワークまたはLTE-Aネットワークでは、1つまたは複数のBSのセットがeNodeB(eNB)として定義されてもよい。他の例(たとえば、次の世代、NR、または5Gネットワーク)では、ワイヤレス多元接続通信システムは、いくつかの中央ユニット(CU)(たとえば、中央ノード(CN)、アクセスノードコントローラ(ANC)など)と通信する、いくつかの分散ユニット(DU)(たとえば、エッジユニット(EU))、エッジノード(EN)、ラジオヘッド(RH)、スマートラジオヘッド(SRH)、送信受信点(TRP)など)を含んでもよく、CUと通信する1つまたは複数のDUのセットがアクセスノード(たとえば、BS、NR BS、5G BS、NB、eNB、NR NB、5G NB、アクセスポイント(AP)、ネットワークノード、gNB、TRPなど)を定義してもよい。BS、AN、またはDUは、(たとえば、BSからUEへの送信のための)ダウンリンクチャネル上で、および(たとえば、UEからBS、AN、またはDUへの送信のための)アップリンクチャネル上で、UEまたはUEのセットと通信し得る。

30

【0007】

2進値(たとえば、1および0)は、ビデオ、オーディオ、統計情報など、様々なタイプの情報を表し、それらを通信するために使用される。残念ながら、2進データを記憶、送信、および/または処理する間、非意図的に誤りが生じる場合があり、たとえば、「1」が「0」に変更される場合、またはその逆が生じる場合がある。

40

【0008】

概して、データ送信の場合、受信機は、雑音またはひずみが存在する場合に受信された各ビットを観測し、そのビットの値の指示のみが取得される。これらの状況下で、観測された値は「ソフト」ビットのソースと解釈される。ソフトビットは、そのビットの値(たとえば、1または0)の好適な推定値を、その推定値の信頼度の何らかの指示とともに示す。誤りの数は比較的少ない可能性があるが、少数の誤りまたはひずみレベルですら、データを未使用にする場合があり、送信誤りの場合、データの再送信を必要にし得る。誤りを検査し、場合によっては、誤りを訂正するための機構を提供するために、2進データをコーディングして、慎重に設計された冗長性を取り入れることができる。データの単位のコーディングは、通常、コードワードと呼ばれるものを生成する。その冗長性により、コー

50

ドワードは、しばしば、そこからコードワードが生成されたデータの入力単位よりも多くのビットを含むことになる。

【0009】

冗長ビットは、エンコーダによって送信ビットストリームに追加されて、コードワードを生成する。送信コードワードから生じる信号が受信または処理されるとき、その信号内で観測されるそのコードワード内に含まれる冗長情報を使用して、元のデータユニットを復元するために、受信信号内の誤りを識別および/もしくは訂正すること、またはそこからひずみを除去することができる。そのような誤りの検査および/または訂正は、復号プロセスの一環として実装され得る。誤りがない場合、または訂正可能な誤りまたはひずみの場合、復号を使用して、処理されているソースデータから、符号化された元のデータユニットを復元することができる。復元不可能な誤りの場合、復号プロセスは、元のデータが完全に復元され得ないという何らかの指示を生成することができる。復号失敗のそのような指示は、データの再送信を開始することができる。データ通信のための光ファイバーラインの使用が増大し、データがデータ記憶デバイス(たとえば、ディスクドライブ、テープなど)から読み取られ、それらに記憶され得るレートが増大するにつれて、データ記憶および送信容量の効率的な使用だけでなく、高速度でデータを符号化および復号する能力を増加する必要性が存在する。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0010】

以下では、論じる技術の基本的理解を与えるために本開示のいくつかの態様を要約する。この要約は、本開示のすべての企図された特徴の広範な概観ではなく、本開示のすべての態様の主要または重要な要素を識別するものでもなく、本開示のいずれかまたはすべての態様の範囲を定めるものでもない。その唯一の目的は、後で提示するより詳細な説明の前置きとして、本開示の1つまたは複数の態様のいくつかの概念を概要の形で提示することである。この議論を考察した後、詳細には「発明を実施するための形態」と題するセクションを読んだ後、本開示の特徴が、ワイヤレスネットワーク内のアクセスポイントと局との間の通信の改善を含む利点をどのようにもたらすかが理解されよう。

【0011】

符号化効率および高データレートは重要であるが、符号化および/または復号システムが幅広いデバイス(たとえば、消費者デバイス)における使用のために実際的になるには、エンコーダおよび/またはデコーダが合理的なコストで実装され得ることが重要である。

【0012】

モバイルブロードバンドアクセスに対する需要が増大し続けるにつれて、NR技術におけるさらなる改善が必要である。好ましくは、これらの改善は、他の多元接続技術、およびこれらの技術を採用する電気通信規格に適用可能であるべきである。改善のための1つの領域は、NRに適用可能な、符号化/復号の領域である。たとえば、NRのための高性能LDPCコードに関する技法が望ましい。

【0013】

本開示のいくつかの態様は、一般に、低密度パリティ検査(LDPC)コードの拡張パンクチャリングにための方法および装置に関する。通信システムは、しばしば、いくつかの異なるレートで動作する必要がある。LDPCコードは、異なるレートでコーディングおよび復号を提供する単純な実装のための1つのオプションである。たとえば、より低いレートのLDPCコードをパンクチャすることによって、より高いレートのLDPCコードが生成され得る。

【0014】

本開示のいくつかの態様は、送信デバイスによって実行され得るワイヤレス通信のための方法を提供する。この方法は、一般に、コードワードを生成するためにLDPCコードに基づいて情報ビットのセットを符号化するステップであって、LDPCコードが、第1の数の変数ノードおよび第2の数のチェックノードを有する基底行列によって定義される、符号化するステップと、パンクチャリングされたコードワードを生成するために変数ノードのう

ちの少なくとも2個に対応するビットをパンクチャするように設計されたパンクチャリングパターンに従ってコードワードをパンクチャするステップと、少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードのために少なくとも1個の追加のパリティビットを追加するステップと、パンクチャリングされたコードワードを送信するステップとを含む。

【0015】

本開示のいくつかの態様は、送信デバイスなど、ワイヤレス通信のための装置を提供する。この装置は、一般に、コードワードを生成するためにLDPCコードに基づいて情報ビットのセットを符号化するための手段であって、LDPCコードが、第1の数の変数ノードおよび第2の数のチェックノードを有する基底行列によって定義される、符号化するための手段と、パンクチャリングされたコードワードを生成するために変数ノードのうちの少なくとも2個に対応するビットをパンクチャするように設計されたパンクチャリングパターンに従ってコードワードをパンクチャするための手段と、少なくとも2個の変数ノードのために少なくとも1個の追加のパリティビットを追加するための手段と、パンクチャリングされたコードワードを送信するための手段とを含む。

10

【0016】

本開示のいくつかの態様は、送信デバイスなど、ワイヤレス通信のための装置を提供する。この装置は、一般に、メモリに結合された少なくとも1つのプロセッサであって、コードワードを生成するためにLDPCコードに基づいて情報ビットのセットを符号化することであって、LDPCコードが、第1の数の変数ノードおよび第2の数のチェックノードを有する基底行列によって定義される、符号化することと、パンクチャリングされたコードワードを生成するために変数ノードのうちの少なくとも2個に対応するビットをパンクチャするように設計されたパンクチャリングパターンに従ってコードワードをパンクチャすることと、少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードのために少なくとも1個の追加のパリティビットを追加することとを行うように構成された、少なくとも1つのプロセッサを含む。この装置は、パンクチャリングされたコードワードを送信するように構成された送信機を含む。

20

【0017】

本開示のいくつかの態様は、コンピュータ実行可能コードを記憶したコンピュータ可読媒体を提供する。このコンピュータ実行可能コードは、一般に、コードワードを生成するためにLDPCコードに基づいて情報ビットのセットを符号化するためのコードであって、LDPCコードが、第1の数の変数ノードおよび第2の数のチェックノードを有する基底行列によって定義される、符号化するためのコードと、パンクチャリングされたコードワードを生成するために変数ノードのうちの少なくとも2個に対応するビットをパンクチャするように設計されたパンクチャリングパターンに従ってコードワードをパンクチャするためのコードと、少なくとも2個の変数ノードのために少なくとも1個の追加のパリティビットを追加するためのコードと、パンクチャリングされたコードワードを送信するためのコードとを含む。

30

【0018】

添付の図面とともに本開示の特定の例示的な態様の以下の説明を検討すれば、本開示の他の態様、特徴、および実施形態が当業者に明らかになる。本開示の特徴について以下のいくつかの態様および図面に関して説明することがあるが、本開示のすべての態様は、本明細書で論じる有利な特徴のうちの1つまたは複数を含むことができる。言い換えれば、1つまたは複数の態様は、いくつかの有利な特徴を有するものとして論じられる場合があるが、そのような特徴のうちの1つまたは複数または、本明細書で論じる本開示の様々な態様に従って使用され得る。同様に、例示的な態様がデバイス実施形態、システム実施形態、または方法実施形態として以下で説明されることがあるが、そのような例示的な実施形態が、様々なデバイス、システム、および方法で実施され得ることを理解されたい。

40

【0019】

本開示の上記の特徴が詳細に理解できるように、添付の図面にその一部が示される態様を参照することによって、上記で概略的に説明した内容についてより具体的な説明を行う

50

場合がある。添付の図面は、本開示のいくつかの典型的な態様のみを示すが、この説明は他の同様に有効な態様にも当てはまる場合があるので、したがって、本開示の範囲を限定するものと見なされるべきではない。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 0 】

【図 1】本開示のいくつかの態様による、例示的なワイヤレス通信ネットワークを示すブロック図である。

【図 2】本開示のいくつかの態様による、分散型無線アクセスネットワーク(RAN)の例示的な論理アーキテクチャを示すブロック図である。

【図 3】本開示のいくつかの態様による、分散型RANの例示的な物理アーキテクチャを示す図である。

10

【図 4】本開示のいくつかの態様による、例示的な基地局(BS)およびユーザ機器(UE)の設計を示すブロック図である。

【図 5】本開示のいくつかの態様による、通信プロトコルスタックを実装するための例を示す図である。

【図 6】本開示のいくつかの態様による、ダウンリンク(DL)セントリック(centric)サブフレームの一例を示す図である。

【図 7】本開示のいくつかの態様による、アップリンク(UL)セントリックサブフレームの一例を示す図である。

【図 8】本開示のいくつかの実施形態による、例示的な低密度パリティ検査(LDPC)コードのグラフィカル表現である。

20

【図 8 A】本開示のいくつかの態様による、図8の例示的なLDPCコードの行列表現である。

【図 9】本開示のいくつかの態様による、図8のLDPCコードのリフティングのグラフィカル表現である。

【図 1 0】準巡回(quasi-cyclic)802.11 LDPCコードに関する行列の整数表現である。

【図 1 1】本開示のいくつかの態様による、例示的なエンコーダを示す簡素化ブロック図である。

【図 1 2】本開示のいくつかの態様による、例示的なデコーダを示す簡素化ブロック図である。

30

【図 1 3】本開示のいくつかの態様による、送信デバイスによるワイヤレス通信のための拡張パンクチャリングおよびLDPCコード構造に基づいて情報を符号化するための例示的な動作を示す流れ図である。

【図 1 4】本開示のいくつかの態様による、複数のパンクチャされた、比較的低次数の変数ノードおよび追加のパリティビットを有する、例示的なLDPCコードのグラフィカル表現である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 1 】

理解を促すために、可能な場合、図面に共通する同一要素を指すために、同一の参照番号が使用されている。特定の具陳なしに、一実施形態で開示する要素が他の実施形態に関して有利に利用される場合があると考えられる。

40

【 0 0 2 2 】

本開示の態様は、ニューラジオ(NR)アクセス技術(たとえば、5G無線アクセス)に関する符号化(および/または復号)のための装置、方法、処理システム、およびコンピュータプログラム製品を提供する。NRは、新しいエアインターフェースまたは固定トランスポートレイヤに従って動作するように構成された無線を指す場合がある。NRは、広帯域幅(たとえば、80MHz以上)をターゲットにする拡張型モバイルブロードバンド(eMBB)サービス、高いキャリア周波数(たとえば、60GHz)をターゲットにするミリメートル波(mmW)サービス、非後方互換性MTC技法をターゲットにするマッシブマシンタイプ通信(mMTC:massive machine type communication)サービス、および/または超信頼型低レイテンシ通信(URLLC:ultra

50

a-reliable low-latency communications)サービスをターゲットにするミッションクリティカル(MiCr)サービスに対するサポートを含み得る。これらのサービスは、レイテンシ要件および信頼性要件を含み得る。NRは、低密度パリティ検査(LDPC)符号化および/またはポーラ符号(polar code)を使用することができる。

【0023】

本開示の態様は、たとえば、拡張された性能を備えたLDPCコードのための拡張パンクチャリングおよび低密度パリティ検査(LDPC)コード構造に関する技法を提供する。態様では、たとえば、単一の高次数の変数ノードではなく、複数の比較的低次数の変数ノードをパンクチャすることができる。変数ノードの次数は、基本グラフ内のノードをチェックするための変数同士の間接続の数を指す。大きな基本グラフ(ベースコードまたはベースPCMとも呼ばれる)内で、変数ノードは、より小さいベースグラフ内の変数ノードに対してより高い次数の接続性をサポートし得る。加えて、コードレートを効果的にブーストするために、追加のパリティビットをLDPCコード構造に追加することができ、各パリティビットは2個のパンクチャリングされたノードのパリティによって形成される一次(one-degree)変数ノードに対応する。

【0024】

本開示の様々な態様について、添付の図面を参照しながら、以下でより十分に説明する。しかしながら、本開示は、多くの異なる形態で具現化されてもよく、本開示全体にわたって提示される任意の特定の構造または機能に限定されるものと解釈されるべきではない。むしろ、これらの態様は、本開示が周到で完全になり、本開示の範囲を当業者に十分に伝えるように与えられる。本開示の教示に基づいて、本開示の範囲は、本開示の任意の他の態様とは無関係に実装されるにせよ、本開示の任意の他の態様と組み合わせて実装されるにせよ、本明細書で開示する本開示の任意の態様を包含するものであることを、当業者は諒解されたい。たとえば、本明細書に記載の任意の数の態様を使用して、装置が実装されてもよく、または方法が実践されてもよい。加えて、本開示の範囲は、本明細書に記載した本開示の様々な態様に加えて、またはそれらの態様以外に、他の構造、機能、または構造および機能を使用して実践されるそのような装置または方法を包含するものとする。本明細書で開示する本開示のいずれの態様も、請求項の1つまたは複数の要素によって具現化され得ることを理解されたい。「例示的」という語は、本明細書では「一例、事例、または例示としての働きをすること」を意味するために使用される。本明細書で「例示的」と説明される任意の態様は、必ずしも他の態様よりも好ましいまたは有利であると解釈されるべきではない。

【0025】

特定の態様について本明細書で説明するが、これらの態様の多くの変形および置換が、本開示の範囲内に入る。好ましい態様のいくつかの利益および利点について言及するが、本開示の範囲は特定の利益、使用、または目的に限定されるものではない。むしろ、本開示の態様は、異なるワイヤレス技術、システム構成、ネットワーク、および伝送プロトコルに広く適用可能であるものとし、そのうちのいくつかが例として図面および好ましい態様の以下の説明において示される。発明を実施するための形態および図面は、限定的でなく、本開示の例示に過ぎず、本開示の範囲は、添付の特許請求の範囲およびその同等物によって定義される。

【0026】

本明細書で説明する技法は、符号分割多元接続(CDMA)ネットワーク、時分割多元接続(TDMA)ネットワーク、周波数分割多元接続(FDMA)ネットワーク、直交FDMA(OFDMA)ネットワーク、シングルキャリアFDMA(SC-FDMA)ネットワークなどの様々なワイヤレス通信ネットワークに使用することができる。「ネットワーク」および「システム」という用語は、しばしば互換的に使用される。CDMAネットワークは、ユニバーサル地上無線アクセス(UTRA)、CDMA2000などの無線技術を実装することがある。UTRAは、広帯域CDMA(W-CDMA)および低チップレート(LCR)を含む。CDMA2000は、IS-2000規格、IS-95規格、およびIS-856規格を対象とする。TDMAネットワークはモバイル通信用グローバルシステム(GSM(登録商標))な

10

20

30

40

50

どの無線技術を実装し得る。OFDMAネットワークは、発展型UTRA(E-UTRA)、IEEE802.11、IEEE802.16、IEEE802.20、Flash-OFDM(登録商標)などの無線技術を実装してもよい。UTRA、E-UTRA、およびGSM(登録商標)は、ユニバーサルモバイルテレコミュニケーションシステム(UMTS)の一部である。3GPP LTEおよびLTEアドバンスド(LTE-A)は、E-UTRAを使用するUMTSのリリースである。UTRA、E-UTRA、UMTS、LTE、LTE-A、およびGSM(登録商標)は、「第3世代パートナーシッププロジェクト」(3GPP)と称する組織からの文書に記載されている。CDMA2000は、「第3世代パートナーシッププロジェクト2」(3GPP2)と称する組織からの文書に記載されている。これらの通信ネットワークは、本開示で説明する技法が適用され得るネットワークの例として列挙されているに過ぎず、本開示は、上記で説明した通信ネットワークに限定されない。明快のために、本明細書では3Gおよび/または4Gワイヤレス技術に一般的に関連する用語を使用して態様を説明する場合があるが、本開示の態様は、5G以降を含めて、ニューラジオ(NR)技術など、他の世代ベースの通信システムにおいて適用できることに留意されたい。

【0027】

ワイヤレス通信システム状況

図1は、本開示の態様が実行される場合がある例示的なワイヤレス通信ネットワーク100を示す。たとえば、UE120またはBS110などの送信デバイスは、コードワードを生成するために低密度パリティ検査(LDPC)コードに基づいて情報ビットのセットを符号化することができる。送信デバイスは、パンクチャリングパターンに従ってLDPCのパンクチャリングを実行することができる。パンクチャリングパターンは、変数ノードのうちの少なくとも2個に対応するビットをパンクチャするように設計され得る。パンクチャリングされた変数ノードは、基底行列内の最高次数の変数ノードであり得るが、他のLDPCコード内の変数ノードに対して比較的低次数の変数ノードである。高次数の変数ノードはチェックノードに対して多くの接続を有する。大きなベースグラフ(たとえば、多くのチェックノードを有する)は、小さい基本グラフ(たとえば、少数のチェックノードを有する)に対してより大きな次数の変数ノードをサポートすること/含むことができる。パンクチャリングされた変数ノードの各対に対して、追加のパリティビットをLDPCコード構造に追加することができる。

【0028】

図1に示すように、ワイヤレス通信ネットワーク100は、いくつかのBS110と他のネットワークエンティティとを含み得る。BSは、UEと通信する局であり得る。各BS110は、特定の地理的領域に通信有効範囲を提供し得る。3GPPでは、「セル」という用語は、この用語が使用される状況に応じて、このカバレッジエリアにサービスしているノードBおよび/またはノードBサブシステムのカバレッジエリアを指すことがある。NRシステムでは、「セル」およびgNB、ノードB、5G NB、AP、NR BS、TRPなどの用語は交換可能であり得る。いくつかの例では、セルは、必ずしも静止しているとは限らないことがあり、セルの地理的エリアは、モバイルBSのロケーションに従って移動し得る。いくつかの例では、BSは、任意の好適なトランスポートネットワークを使用して、直接物理接続、仮想ネットワークなど、様々なタイプのバックホールインターフェースを通して、ワイヤレス通信ネットワーク100内で互いに、および/または1つまたは複数の他のBSもしくはネットワークノード(図示せず)に相互接続され得る。

【0029】

一般に、任意の数のワイヤレスネットワークが、所与の地理的エリアにおいて展開される場合がある。各ワイヤレスネットワークは、特定の無線アクセス技術(RAT)をサポートしてもよく、1つまたは複数の周波数で動作してもよい。RATは、無線技術、エアインターフェースなどと呼ばれることもある。周波数は、キャリア、周波数チャネルなどと呼ばれることもある。各周波数は、異なるRATのワイヤレスネットワーク間の干渉を回避するために、所与の地理的領域において単一のRATをサポートしてもよい。場合によっては、NRまたは5G RATネットワークが展開され得る。

【0030】

10

20

30

40

50

BSは、マクロセル、ピコセル、フェムトセル、および/または他のタイプのセルのための通信カバレッジを提供し得る。マクロセルは、比較的大きい地理的エリア(たとえば、半径数キロメートル)をカバーすることができ、サービスに加入しているUEによる無制限アクセスを可能にしてもよい。ピコセルは、比較的小さい地理的エリアをカバーすることができ、サービスに加入しているUEによる無制限アクセスを可能にしてもよい。フェムトセルは、比較的小さい地理的エリア(たとえば、自宅)をカバーすることができ、フェムトセルとの関連を有するUE(たとえば、限定加入者グループ(CSG)内のUE、自宅内のユーザのためのUEなど)による制限付きアクセスを可能にしてもよい。マクロセルのためのBSは、マクロBSと呼ばれることがある。ピコセルのためのBSは、ピコBSと呼ばれることがある。また、フェムトセルのためのBSは、フェムトBSまたはホームBSと呼ばれることがある。図1に示す例では、BS110a、BS110b、およびBS110cは、それぞれ、マクロセル102a、マクロセル102b、およびマクロセル102cに関するマクロBSであってもよい。BSは1つまたは複数(たとえば、3つ)のセルをサポートしてもよい。

10

【0031】

ワイヤレス通信ネットワーク100はまた、中継局を含み得る。中継局は、アップストリーム局(たとえば、BS110またはUE120)からデータおよび/または他の情報の送信を受信し、ダウンストリーム局(たとえば、UE120またはBS110)にデータおよび/または他の情報の送信を送る局である。また、中継局は、他のUEのための送信を中継するUEであってもよい。図1に示す例では、中継局110rは、BS110aとUE120rとの間の通信を容易にするために、BS110aおよびUE120rと通信してもよい。中継局はまた、リレー、リレーeNBなどとも呼ばれることもある。

20

【0032】

ワイヤレス通信ネットワーク100は、異なるタイプのBS、たとえば、マクロBS、ピコBS、フェムトBS、リレーなどを含む異種ネットワークとすることができる。これらの異なるタイプのBSは、異なる送信電力レベル、異なるカバレッジエリア、およびワイヤレス通信ネットワーク100中の干渉に対する異なる影響を有してもよい。たとえば、マクロBSは高い送信電力レベル(たとえば、20ワット)を有することがあり、一方で、ピコBS、フェムトBS、およびリレーはより低い送信電力レベル(たとえば、1ワット)を有することがある。

【0033】

ワイヤレス通信ネットワーク100は、同期動作または非同期動作をサポートすることができる。同期動作の場合、BSは、同様のフレームタイミングを有することができ、異なるBSからの送信は、時間的にほぼ整合させることができる。非同期動作の場合、BSは、異なるフレームタイミングを有する場合があり、異なるBSからの送信は、時間的に整合していない場合がある。本明細書で説明する技法は、同期動作と非同期動作の両方に使用されてもよい。

30

【0034】

ネットワークコントローラ130は、BSのセットに結合し、これらのBSのための調整および制御を実現してもよい。ネットワークコントローラ130は、バックホールを介してBS110と通信し得る。BS110はまた、たとえば、直接的または間接的にワイヤレスバックホールまたはワイヤラインバックホールを介して互いに通信し得る。

40

【0035】

UE120(たとえば、UE120x、UE120yなど)は、ワイヤレス通信ネットワーク100の全体にわたって分散されてよく、各UEは静止であってもよく、またはモバイルであってもよい。UEは、移動局、端末、アクセス端末、加入者ユニット、局、カスタマ構内設備(CPE:Customer Premises Equipment)、セルラーフォン、スマートフォン、携帯情報端末(PDA)、ワイヤレスモデム、ワイヤレス通信デバイス、ハンドヘルドデバイス、ラップトップコンピュータ、コードレスフォン、ワイヤレスローカルループ(WLL)局、タブレット、カメラ、ゲームデバイス、ネットブック、スマートブック、ウルトラブック、医療デバイスまたは医療機器、生体センサー/デバイス、スマートウォッチ、スマート衣料、スマートグラス、スマートリストバンド、スマートジュエリー(たとえば、スマートリング、スマートブレスレ

50

ットなど)などのウェアラブルデバイス、娯楽デバイス(たとえば、音楽デバイス、ビデオデバイス、衛星無線など)、車両コンポーネントもしくは車両センサー、スマートメータ/センサー、工業生産機器、全地球測位システムデバイス、またはワイヤレス媒体またはワイヤード媒体を介して通信するように構成された任意の他の好適なデバイスと呼ばれる場合もある。一部のUEは、発展型デバイスもしくはマシンタイプ通信(MTC)デバイスまたは発展型MTC(eMTC)デバイスと見なされる場合がある。MTC UEおよびeMTC UEは、BS、別のデバイス(たとえば、遠隔デバイス)、または何らかの他のエンティティと通信することができる、たとえば、ロボット、ドローン、遠隔デバイス、センサー、メータ、モニタ、ロケーションタグなどを含む。ワイヤレスノードは、たとえば、ワイヤード通信リンクまたはワイヤレス通信リンクを介して、ネットワーク(たとえば、インターネットまたはセルラ

10
ネットワークなどのワイドエリアネットワーク)のための、またはネットワークへの接続性を提供し得る。一部のUEは、モノのインターネット(IoT)デバイスと見なされ得る。

【0036】

図1では、両側に矢印がある実線は、UEとサービングBSとの間の所望の送信を示し、BSは、ダウンリンクおよび/またはアップリンク上でUEにサービスするように指定されたeNBである。両側に矢印がある細い破線は、UEとBSとの間の干渉送信を示す。

【0037】

特定のワイヤレスネットワーク(たとえば、LTE)は、ダウンリンク上で直交周波数分割多重化(OFDM)を利用し、かつアップリンク上でシングルキャリア周波数分割多重化(SC-FDM)を利用する。OFDMおよびSC-FDMは、システム帯域幅を、一般に、トーン、ビンなどとも呼ばれる、複数の(K個の)直交サブキャリアに区分する。各サブキャリアは、データによって変調されてもよい。一般に、変調シンボルは、OFDMでは周波数ドメインにおいて、SC-FDMでは時間ドメインにおいて送られる。隣接するサブキャリア同士の間隔は固定される場合があり、サブキャリアの総数(K)は、システム帯域幅に依存する場合がある。たとえば、サブキャリアの間隔は15kHzであってもよく、最小のリソース割振り(「リソースブロック」(RB)と呼ばれる)は12個のサブキャリア(すなわち、180kHz)であってもよい。結果的に、公称の高速フーリエ変換(FFT)サイズは、1.25MHz、2.5MHz、5MHz、10MHz、または20MHzのシステム帯域幅に対して、128、256、512、1024、または2048にそれぞれ等しい場合がある。システム帯域幅はまた、サブバンドに区分されてもよい。たとえば、サブバンドは、1.08MHz(すなわち、6個のRB)をカバーすることができ、1.25MHz、2.5MHz、5MHz、10MHz、または20MHzのシステム帯域幅に対して、それぞれ、1、2、4、8、または16個のサブバンドが存在し得る。

20
30

【0038】

本明細書で説明する例の態様はLTE技術に関連し得るが、本開示の態様は、NRなど、他のワイヤレス通信システムに適用可能であり得る。

【0039】

NRは、アップリンクおよびダウンリンク上でCPを用いてOFDMを利用することができ、TD-DSSSを使用して半二重動作に対するサポートを含み得る。100MHzの単一のコンポーネントキャリア帯域幅がサポートされ得る。NR RBは、0.1msの持続時間にわたり75kHzのサブキャリア帯域幅を有する12個のサブキャリアに及ぶ場合がある。各無線フレームは、10msの長さを有する50個のサブフレームで構成され得る。結果として、各サブフレームは0.2msの長さを有することができる。各サブフレームは、データ送信のためのリンク方向(すなわち、ダウンリンクまたはアップリンク)を示し得、各サブフレームに関するリンク方向を動的に切り替えることができる。各サブフレームは、DL/ULデータならびにDL/UL制御データを含み得る。NRに関するULサブフレームおよびDLサブフレームについては、図6および図7を参照して以下でより詳細に説明され得る。ビームフォーミングがサポートされ得、ビーム方向が動的に構成され得る。プリコーディングを用いたMIMO送信もサポートされ得る。DLにおけるMIMO構成は、最高で8個のストリームおよびUEごとに最高で2個のストリームを用いたマルチレイヤDL送信で最高で8個の送信アンテナをサポートし得る。UEごとに最高で2個のストリームを用いたマルチレイヤ送信がサポートされ得る。最高で8個のサー

40
50

ピングセルを用いて複数のセルのアグリゲーションがサポートされ得る。代替として、NRは、OFDMベース以外の異なるエアインターフェースをサポートし得る。

【 0 0 4 0 】

いくつかの例では、エアインターフェースに対するアクセスがスケジュールされ得る。スケジューリングエンティティ(たとえば、BS110またはUE120)は、いくつかのまたはすべてのデバイスおよびそのサービスエリアまたはセル内の機器の間の通信のためにリソースを割り振る。本開示内で、以下でさらに論じるように、スケジューリングエンティティは、1つまたは複数の従属エンティティのためのリソースのスケジューリング、割当て、再構成、および解放を担い得る。すなわち、スケジュールされた通信のために、従属エンティティは、スケジューリングエンティティによって割り振られるリソースを利用する。BSは、スケジューリングエンティティとして機能し得る唯一のエンティティではない。すなわち、いくつかの例では、UEが、1つまたは複数の従属エンティティ(たとえば、1つまたは複数の他のUE)のためのリソースをスケジュールする、スケジューリングエンティティとして機能し得る。この例では、UEは、スケジューリングエンティティとして機能しており、他のUEは、ワイヤレス通信のためにUEによってスケジュールされたリソースを利用する。UEは、ピアツーピア(P2P)ネットワーク内、および/またはメッシュネットワーク内で、スケジューリングエンティティとして機能し得る。メッシュネットワーク例では、UEは、スケジューリングエンティティと通信することに加えて、場合によっては互いに直接通信し得る。

10

【 0 0 4 1 】

したがって、時間-周波数リソースへのスケジュールされたアクセスを伴い、セルラ構成、P2P構成、およびメッシュ構成を有するワイヤレス通信ネットワークでは、スケジューリングエンティティおよび1つまたは複数の従属エンティティは、スケジュールされたリソースを利用して通信し得る。

20

【 0 0 4 2 】

NR無線アクセスネットワーク(RAN)は、1つまたは複数の中央装置(CU)および分散ユニット(DU)を含み得る。NR BS(たとえば、gNB、5G NB、NB、TRP、AP)は1つまたは複数のBSに対応し得る。NRセルは、アクセスセル(ACell)またはデータオンリーセル(DCell)として構成され得る。DCellは、キャリアアグリゲーションまたは二重接続性のために使用されるが、初期アクセス、セル選択/再選択、またはハンドオーバーのために使用されないセルであり得る。

30

【 0 0 4 3 】

図2は、図1に示したワイヤレス通信システム100内で実装され得る分散RAN200の例示的な論理アーキテクチャを示す。5Gアクセスノード(AN)206は、アクセスノードコントローラ(ANC)202を含み得る。ANC202は分散RAN200のCUであってよい。次世代コアネットワーク(NG-CN)204に対するバックホールインターフェースはANC202において終結し得る。隣接の次世代アクセスノード(NG-AN)に対するバックホールインターフェースはANC202において終結し得る。ANC202は、1つまたは複数のTRP208を含むことができる。

【 0 0 4 4 】

TRP208はDUを備える。TRP208は、1つのANC(ANC202)に接続されてよく、または2つ以上のANC(図示せず)に接続されてもよい。たとえば、RAN共有、ラジオアズアサービス(RaaS: radio as a service)などの無線、およびサービス固有のAND展開の場合、TRPは2つ以上のANC202に接続され得る。TRP208は、1つまたは複数のアンテナポートを含んでもよい。TRP208は、個々に(たとえば、動的選択)または一緒に(たとえば、ジョイント送信)UE(たとえば、UE120)に対するトラフィックをサービスするように構成され得る。

40

【 0 0 4 5 】

分散RAN200の例示的な論理アーキテクチャは、フロントホール定義を示すために使用され得る。論理アーキテクチャは、異なる展開タイプにわたるフロントホールソリューションをサポートし得る。たとえば、論理アーキテクチャは、送信ネットワーク容量(たとえば、帯域幅、レイテンシ、および/またはジッタ)に基づき得る。論理アーキテクチャは、

50

特徴および/または構成要素をLTEと共有し得る。NG-AN210はNRとの二重接続性をサポートし得る。NG-AN210はLTEおよびNRに対する共通フロントホールを共有し得る。論理アーキテクチャは、TRP208同士の間のおよびその中の協働を可能にし得る。たとえば、協働はANC202を介してTRP208内でかつ/またはTRP208にわたって事前構成され得る。TRP間インターフェースは存在し得ない。

【 0 0 4 6 】

分散RAN200に関する論理アーキテクチャは、スプリット論理関数の動的構成を含み得る。図5を参照してより詳細に説明するように、無線リソース制御(RRC)レイヤ、パケットデータコンバージェンスプロトコル(PDCP)レイヤ、無線リンク制御(RLC)レイヤ、媒体アクセス制御(MAC)レイヤ、および物理(PHY)レイヤは、DU(たとえば、TRP208)またはCU(たとえば、ANC202)に位置し得る。

10

【 0 0 4 7 】

図3は、本開示のいくつかの態様による、分散RAN300の1つの例示的な物理アーキテクチャを示す。図3に示すように、分散RAN300は、集中型コアネットワークユニット(C-CU)302、集中型RANユニット(C-RU)304、およびDU306を含む。

【 0 0 4 8 】

C-CU302は、コアネットワーク機能をホストし得る。C-CU302は、中央に展開され得る。C-CU302機能は、ピーク容量を処理するために、(たとえば、アドバンストワイヤレスサービス(AWS)に)オフロードされ得る。C-RU304は、1つまたは複数のANC機能をホストし得る。オプションで、C-RU304は、コアネットワーク機能をローカルにホストし得る。C-RU304は、分散型展開を有し得る。C-RU304は、ネットワークのエッジ付近に位置し得る。DU306は、1つまたは複数のTRP(エッジノード(EN)、エッジユニット(EU)、無線ヘッド(RH)、スマート無線ヘッド(SRH)など)をホストし得る。DU306は、無線周波数(RF)機能を備えたネットワークのエッジに位置し得る。

20

【 0 0 4 9 】

図4は、高性能、フレキシブル、かつコンパクトなLDPCコーディングのための本開示の態様を実装するために使用され得る、図1に示すBS110およびUE120の例示的な構成要素を示す。図4に示す、BS110およびUE120の1つまたは複数の構成要素は、本開示の態様を実践するために使用され得る。たとえば、UE120のアンテナ452a~452r、復調器/変調器454a~454r、TX MIMOプロセッサ466、受信プロセッサ458、送信プロセッサ464、および/もしくはコントローラ/プロセッサ480、ならびに/またはBS110のアンテナ434a~434t、復調器/変調器432a~434t、TX MIMOプロセッサ430、送信プロセッサ420、受信プロセッサ438、および/もしくはコントローラ/プロセッサ440は、本明細書で説明し、図13を参照して示す動作1300を実行するために使用され得る。

30

【 0 0 5 0 】

制限された関連付けシナリオの場合、BS110は図1のマクロBS110cであり得、UE120はUE120yであり得る。BS110はまた、何らかの他のタイプのBSであってもよい。BS110は、アンテナ434a~434tを備えてもよく、UE120は、アンテナ452a~452rを備えてもよい。

【 0 0 5 1 】

BS110において、送信プロセッサ420は、データソース412からデータを受信し、コントローラ/プロセッサ440から制御情報を受信することができる。制御情報は、物理ブロードキャストチャネル(PBCH)、物理制御フォーマットインジケータチャネル(PCFICH)、物理ハイブリッドARQインジケータチャネル(PHICH)、物理ダウンリンク制御チャネル(PDCCH)、または他の制御チャネルもしくは制御信号に関する場合がある。データは、物理ダウンリンク共有チャネル(PDSCH)または他のデータチャネルもしくはデータ信号に関する場合がある。送信プロセッサ420は、データおよび制御情報を処理(たとえば、符号化およびシンボルマッピング)して、それぞれ、データシンボルおよび制御シンボルを取得することができる。たとえば、送信プロセッサ420は、以下でより詳細に論じるLPDCコード設計を使用して情報ビットを符号化することができる。送信プロセッサ420は、たとえば、プライマリ同期信号(PSS)、セカンダリ同期信号(SSS)、およびセル固有基準信号(CRS)に関する

40

50

基準シンボルを生成してもよい。送信(TX)多入力多出力(MIMO)プロセッサ430は、適用可能な場合、データシンボル、制御シンボル、および/または基準シンボルに対する空間処理(たとえば、プリコーディング)を実行することができ、変調器(MOD)432a~432tに出力シンボルストリームを提供することができる。各変調器432は、(たとえば、OFDMなどのための)それぞれの出力シンボルストリームを処理して、出力サンプルストリームを取得することができる。各変調器432は、出力サンプルストリームをさらに処理(たとえば、アナログに変換、増幅、フィルタ処理、およびアップコンバート)し、ダウンリンク信号を取得してもよい。変調器432a~432tからのダウンリンク信号は、それぞれ、アンテナ434a~434tを介して送信されてもよい。

【0052】

UE120において、アンテナ452a~452rは、BS110からダウンリンク信号を受信してもよく、受信信号を、それぞれ復調器(DEMOD)454a~454rに提供してもよい。各復調器454は、それぞれの受信信号を調整(たとえば、フィルタ処理、増幅、ダウンコンバート、およびデジタル化)し、入力サンプルを取得することができる。各復調器454は、(たとえば、OFDMなどのための)入力サンプルをさらに処理して、受信シンボルを取得することができる。MIMO検出器456は、すべての復調器454a~454rから受信シンボルを取得し、適用可能な場合、受信シンボルに対してMIMO検出を実行し、検出されたシンボルを提供することができる。受信プロセッサ458は、検出されたシンボルを処理(たとえば、復調、デインターリーブ、および復号)し、UE120のための復号されたデータをデータシンク460に提供し、復号制御情報をコントローラ/プロセッサ480に提供することができる。

【0053】

アップリンク上では、UE120において、送信プロセッサ464が、データソース462からの(たとえば、物理アップリンク共用チャネル(PUSCH)または他のデータチャネルもしくはデータ信号のための)データと、コントローラ/プロセッサ480からの(たとえば、物理アップリンク制御チャネル(PUCCH)または他の制御チャネルもしくは制御信号のための)制御情報を受信し、処理することができる。送信プロセッサ464はまた、基準信号のための基準シンボルを生成することができる。送信プロセッサ464からのシンボルは、適用可能な場合、TX MIMOプロセッサ466によってプリコーディングされ、(たとえば、SC-FDM用などに)復調器454a~454rによってさらに処理され、BS110に送信され得る。BS110において、UE120からのアップリンク信号は、アンテナ434によって受信され、変調器432によって処理され、適用可能な場合、MIMO検出器436によって検出され、受信プロセッサ438によってさらに処理されて、UE120によって送られた復号されたデータおよび制御情報を取得することができる。受信プロセッサ438は、復号データをデータシンク439に供給し、復号制御情報をコントローラ/プロセッサ440に供給することができる。

【0054】

メモリ442は、BS110に関するデータおよびプログラムコードを記憶することができ、メモリ482は、UE120に関するデータおよびプログラムコードを記憶することができる。スケジューラ444は、ダウンリンクおよび/またはアップリンク上でのデータ送信のためにUEをスケジュールし得る。

【0055】

図5は、本開示の態様による、通信プロトコルスタックを実装するための例を示す図500を示す。示された通信プロトコルスタックは、5Gシステム(たとえば、アップリンクベースのモビリティをサポートするシステム)内で動作するデバイスによって実装され得る。図500は、RRCレイヤ510、PDCPレイヤ515、RLCレイヤ520、MACレイヤ525、およびPHYレイヤ530を含む、通信プロトコルスタックを示す。一例では、プロトコルスタックのレイヤは、ソフトウェアの個別のモジュール、プロセッサもしくはASICの部分、通信リンクによって接続された非コロケートデバイスの部分、またはそれらの様々な組合せとして実装され得る。コロケート実装形態および非コロケート実装形態は、たとえば、ネットワークアクセスデバイス(たとえば、AN、CU、および/またはDU)またはUEのためのプロトコルスタックの中で使用されてよい。

【 0 0 5 6 】

第1のオプション505-aは、プロトコルスタックの実装が集中ネットワークアクセスデバイス(たとえば、ANC202)と分散ネットワークアクセスデバイス(たとえば、DU208)との間で分割される、プロトコルスタックの分割実装形態を示す。第1のオプション505-aでは、RRCレイヤ510およびPDCPレイヤ515は、CUによって実装されてよく、RLCレイヤ520、MACレイヤ525、およびPHYレイヤ530は、DUによって実装されてよい。様々な例では、CUおよびDUは、コロケートされてよく、またはコロケートされなくてもよい。第1のオプション505-aは、マクロセル配置、マイクロセル配置、またはピコセル配置において有用であり得る。

【 0 0 5 7 】

第2のオプション505-bは、プロトコルスタックが単一のネットワークアクセスデバイス(たとえば、アクセスノード(AN)、NB BS、NR NB、ネットワークノード(NN)、TRP、gNBなど)の中で実装される、プロトコルスタックの統合実装形態を示す。第2のオプションでは、RRCレイヤ510、PDCPレイヤ515、RLCレイヤ520、MACレイヤ525、およびPHYレイヤ530は各々、ANによって実装され得る。第2のオプション505-bは、フェムトセル配置において有用であり得る。

【 0 0 5 8 】

ネットワークアクセスデバイスがプロトコルスタックの一部を実装するのかまたはプロトコルスタックの全部を実装するのかにかかわらず、UEは、全プロトコルスタック(たとえば、RRCレイヤ510、PDCPレイヤ515、RLCレイヤ520、MACレイヤ525、およびPHYレイヤ530)を実装してよい。

【 0 0 5 9 】

図6は、DLセントリックサブフレーム600の一例を示す図である。DLセントリックサブフレーム600は、制御部分602を含み得る。制御部分602は、DLセントリックサブフレーム600の初期部分または開始部分中に存在し得る。制御部分602は、DLセントリックサブフレーム600の様々な部分に対応する、様々なスケジューリング情報および/または制御情報を含み得る。いくつかの構成では、制御部分602は、図6に示すように、物理DL制御チャネル(PDCCH)であり得る。DLセントリックサブフレーム600はまた、DLデータ部分604を含み得る。DLデータ部分604は、DLセントリックサブフレーム600のペイロードと呼ばれることがある。DLデータ部分604は、スケジューリングエンティティ(たとえば、UEまたはBS)から下位エンティティ(たとえば、UE)にDLデータを通信するために利用される通信リソースを含み得る。いくつかの構成では、DLデータ部分604は、物理DL共有チャネル(PDSCH)であり得る。

【 0 0 6 0 】

DLセントリックサブフレーム600はまた、通常のUL部分606を含み得る。通常のUL部分606は、ULバースト、通常のULバースト、および/または様々な他の好適な用語で呼ばれることがある。通常のUL部分606は、DLセントリックサブフレーム600の様々な他の部分に対応するフィードバック情報を含み得る。たとえば、通常のUL部分606は、制御部分602に対応するフィードバック情報を含み得る。フィードバック情報の非限定的な例は、肯定応答(ACK)信号、否定応答(NACK)信号、HARQインジケータ、および/または様々な他の好適なタイプの情報を含み得る。通常のUL部分606は、追加または代替として、ランダムアクセスチャネル(RACH)手順、スケジューリング要求(SR)に関する情報、および様々な他の好適なタイプの情報などの情報を含み得る。図6に示すように、DLデータ部分604の終端は通常のUL部分606の始端から時間の点で分離され得る。この時間分離は、ギャップ、ガード期間、ガード間隔、および/または様々な他の好適な用語で呼ばれることがある。この分離は、DL通信(たとえば、下位エンティティ(たとえば、UE)による受信動作)からUL通信(たとえば、下位エンティティ(たとえば、UE)による送信)への切替えのために時間を提供する。上記は、DLセントリックサブフレームの単なる一例であり、本明細書で説明する態様から必ずしも逸脱せずに、同様の特徴を有する代替構造が存在し得る。

【 0 0 6 1 】

図7は、ULセントリックサブフレーム700の一例を示す図である。ULセントリックサブフレーム700は、制御部分702を含み得る。制御部分702は、ULセントリックサブフレーム700の初期部分または開始部分中に存在し得る。図7の制御部分702は、図6を参照して上記で説明した制御部分602と同様であり得る。ULセントリックサブフレーム700はまた、ULデータ部分704を含み得る。ULデータ部分704は、ULセントリックサブフレーム700のペイロードと呼ばれることがある。ULデータ部分704は、下位エンティティ(たとえば、UE)からスケジューリングエンティティ(たとえば、UEまたはBS)にULデータを通信するために利用される通信リソースを指す場合がある。いくつかの構成では、制御部分702はPDCCHであり得る。

【0062】

図7に示すように、制御部分702の終端はULデータ部分704の始端から時間の点で分離され得る。この時間分離は、ギャップ、ガード期間、ガード間隔、および/または様々な他の好適な用語で呼ばれることがある。この分離は、DL通信(たとえば、スケジューリングエンティティによる受信動作)からUL通信(たとえば、スケジューリングエンティティによる送信)への切替えのために時間を提供する。ULセントリックサブフレーム700はまた、通常のUL部分706を含み得る。図7の通常のUL部分706は、図6を参照して上記で説明した通常のUL部分606と同様であり得る。通常のUL部分706は、追加または代替として、チャネル品質インジケータ(CQI)、サウンディング基準信号(SRS)、および様々な他の好適なタイプの情報に関する情報を含み得る。上記は、ULセントリックサブフレームの単なる一例であり、本明細書で説明する態様から必ずしも逸脱せずに、同様の特徴を有する代替構造が存在し得る。

【0063】

いくつかの状況では、2つ以上の下位エンティティ(たとえば、UE)はサイドリンク信号を使用して互いと通信することができる。そのようサイドリンク通信の現実世界の適用例は、公共安全、近接サービス、UE-ネットワーク中継、車両間(V2V)通信、あらゆるモノのインターネット(IoE)通信、IoT通信、ミッションクリティカルなメッシュ、および/または様々な他の好適な適用例を含み得る。一般に、サイドリンク信号は、スケジューリングおよび/または制御のためにスケジューリングエンティティが利用され得るにもかかわらず、スケジューリングエンティティ(たとえば、UEまたはBS)を通じてその通信を中継せずに、ある下位エンティティ(たとえば、UE1)から別の下位エンティティ(たとえば、UE2)に通信される信号を指す場合がある。いくつかの例では、サイドリンク信号は、(一般に、無認可スペクトルを使用するワイヤレスローカルエリアネットワーク(WLAN)とは異なり)認可スペクトルを使用して通信され得る。

【0064】

UEは、リソースの専用セットを使用してパイロットを送信することに関連する構成(たとえば、無線リソース制御(RRC)専用状態など)、またはリソースの共通セットを使用してパイロットを送信することに関連する構成(たとえば、RRC共通状態など)を含む、様々な無線リソース構成において動作することが可能である。RRC専用状態において動作するとき、UEは、パイロット信号をネットワークに送信するために、リソースの専用セットを選択し得る。RRC共通状態において動作するとき、UEは、パイロット信号をネットワークに送信するために、リソースの共通セットを選択し得る。いずれの場合も、UEによって送信されるパイロット信号は、ANもしくはDU、またはそれらの部分などの、1つまたは複数のネットワークアクセスデバイスによって受信され得る。各受信ネットワークアクセスデバイスは、リソースの共通セット上で送信されるパイロット信号を受信および測定するとともに、ネットワークアクセスデバイスがUEのためのネットワークアクセスデバイスの監視セットのメンバーであるUEに割り振られたリソースの専用セット上で送信されるパイロット信号も受信および測定するように構成され得る。受信ネットワークアクセスデバイスのうちの1つもしくは複数、または受信ネットワークアクセスデバイスがパイロット信号の測定値を送信する先のCUは、UE用のサービングセルを識別するために、またはUEのうちの1つもしくは複数のためのサービングセルの変更を開始するために、測定値を使用し得る

10

20

30

40

50

。

【0065】

例示的な誤り訂正コーディングの特徴

多くの通信システムは誤り訂正コードを使用する。具体的には、誤り訂正コードは、データストリーム内に冗長性を取り入れることによってこれらのシステム内の情報転送の固有の不信頼性を補償する。低密度パリティ検査(LDPC)コードは、反復コーディングシステムを使用する特定のタイプの誤り訂正コードである。Gallagerコードは、「正規」LDPCコードの初期の例である。正規LDPCコードは、そのパリティチェック行列の要素Hの大部分が「0」である線形ブロックコードである。

【0066】

LDPCコードは、2部グラフ(「Tannerグラフ」と呼ばれることが多い)によって表すことができる。2部グラフでは、変数ノードのセットは、コードワードのビット(たとえば、情報ビットまたはシステマティックビット(systematic bit))に対応し、チェックノードのセットは、そのコードを定義するパリティチェック制約のセットに対応する。したがって、グラフのノードは、2つの特徴的なセットに分離され、そのエッジは2個の異なるタイプのノード、すなわち、可変およびチェックを接続する。正規のグラフまたはコードは、すべての変数ノードが同じ次数を有し、すべての制約ノードが同じ次数を有するものである。この場合、そのコードは正規コードである。他方で、非正規コードは、異なる次数の制約ノードおよび/または変数ノードを有する。たとえば、いくつかの変数ノードは、次数4のもの、他の変数ノードは次数3のもの、さらに他の変数ノードは次数2のものであってよい。

【0067】

「リフティング」は、LDPCコードが、一般に、大きいLDPCコードに関連する複雑性をやはり低減させながら、並列符号化および/または復号実装形態を使用して実装されることを可能にする。より具体的には、リフティングは、より小さいベースコードの複数のコピーから比較的大きいLDPCコードを生成するための技法である。たとえば、基本グラフのある数(Z)の並列コピーを生成し、次いで、基本グラフの各コピーのエッジクラスタの置換により並列コピーを相互接続することによって、リフトされたLDPCコードを生成することができる。したがって、同じタイプの頂点は極めて近接するが、グラフ全体は複数の分離されたサブグラフからなるように、複数のコピーがオーバーレイされる「コピーおよび置換」動作によって、より大きいグラフを取得することができる。

【0068】

リフトされたグラフは、プロトグラフと呼ばれる場合もある、2部基本グラフ(G)をある回数、すなわち、Z回コピーすることによって生成され、この回数Zは、リフティング、リフティングサイズ、またはリフティングサイズ値と呼ばれることがある。グラフ内で変数ノードおよびチェックノードが「エッジ」(すなわち、変数ノードとチェックノードを接続するライン)によって接続される場合、変数ノードおよびチェックノードは「隣接」と見なされる。加えて、2部基本グラフ(G)の各エッジ(e)に関して、エッジ(e)のZ個のコピーに置換が適用されて、GのN個のコピーを相互接続する。置換は、一般に、エッジに関連する整数値kであり、この値はリフティング値と呼ばれることがある。各チェックノードに関して、すべての隣接変数ノードに関連するビットの合計が0モジュロ2である(すなわち、それらが偶数個の1を含む)場合のみ、変数ノードシーケンスとの1対1の関連性を有するビットシーケンスは、有効なコードワードである。使用される置換(リフティング値)が巡回である場合、結果として生じるLDPCコードは準巡回(QC)であり得る。

【0069】

図8~図8Aは、本開示のいくつかの実施形態による、例示的なLDPCコードのグラフィカル表現および行列表現をそれぞれ示す。たとえば、図8は、LDPCコードを表す2部グラフ800を示す。2部グラフ800は、4個のチェックノード820(正方形によって表される)に接続された5個の変数ノード810(円によって表される)のセットを含む。2部グラフ800内のエッジは、変数ノード810をチェックノード820に接続する(変数ノード810をチェックノード820

に接続するラインによって表される)。したがって、2部グラフ800は、 $|E|=12$ 個のエッジによって接続された、 $|V|=5$ 変数ノードおよび $|C|=4$ チェックノードからなる。

【0070】

2部グラフ800は、図8Aに示すように、簡素化された隣接行列によって表され得る。行列表現800Aは、パリティチェック行列(PCM)Hとコードワードベクトル x とを含み、この場合、 x_1-x_5 はコードワード x のビットを表す。受信信号が普通に復号されたかどうかを判定するために、Hが使用される。Hは j 個のチェックノードに対応する C 個の行と、 i 個の変数ノードに対応する V 個の列とを有し(すなわち、復調シンボル)、この場合、行は方程式を表し、列はコードワードのビットを表す。図8Aでは、Hは、それぞれ、2部グラフ800からの4個のチェックノードおよび5個の変数ノードに対応する、4個の行と5個の列を有する。第 j 番目のチェックノードがエッジによって第 i 番目の変数ノードに接続される(すなわち、2個のノードが隣接する)場合、Hの第 i 番目の列内および第 j 番目の行内に「1」が存在する。すなわち、第 i 番目の行および第 j 番目の列の交差部は「1」を含み、この場合、エッジは対応する頂点を結合し、「0」の場合、エッジは存在しない。コードワードベクトル x は、 $Hx=0$ である場合(たとえば、各制約ノードに関して、(変数ノードとのそれらの関連性により)その制約に隣接するビットの合計が0モジュロ2である、すなわち、それらが偶数の1を含む)場合のみ)、コードワードベクトル x は有効なコードワードを表す。したがって、コードワードが正確に受信された場合、 $Hx=0 \pmod{2}$ である。コーディングされた受信信号とHの積が「0」になるとき、これは何の誤りも生じなかったことを示す。

【0071】

復調シンボルまたは変数ノードの数はLDPCコード長である。行(列)内の非ゼロ要素の数は行(列)重み $d(c)d(v)$ として定義される。ノードの次数は、そのノードに接続されたエッジの数を指す。たとえば、図8に示すように、変数ノード801は、次数3の接続性を有し、エッジはチェックノード811、812、および813に接続される。変数ノード802は、次数3の接続性を有し、エッジはチェックノード811、813、および814に接続される。変数ノード803は、次数2の接続性を有し、エッジはチェックノード811および814に接続される。変数ノード804は、次数2の接続性を有し、エッジはチェックノード812および814に接続される。また変数ノード805は、2の次数の接続性を有し、エッジはチェックノード812および813に接続される。この特徴は、変数ノード810に伴うエッジの数が対応する列内の「1」の数に等しく、変数ノード次数 $d(v)$ と呼ばれる、図8Aに示した行列H内に示されている。同様に、チェックノード820に接続されたエッジの数は、対応する行内の「1」の数に等しく、チェックノード次数 $d(c)$ と呼ばれる。たとえば、図8Aに示すように、行列Hの第1の列は、変数ノード801に対応し、列内の対応するエントリ(1, 1, 1, 0)はチェックノード811、812、および813に対するエッジ接続を示し、0は、チェックノード814に対するエッジが存在しないことを示す。Hの第2の列、第3の列、第4の列、および第5の列は、チェックノードに対する変数ノード802、803、804、および805のエッジ接続をそれぞれ表す。

【0072】

図9は、図8の2部グラフ800の3個のコピーのリフティングを示す2部グラフ900である。3個のコピーはコピー同士の間で同様のエッジを置換することによって相互接続され得る。置換が巡回置換に制限される場合、結果として生じるグラフはリフティング $Z=3$ である準巡回LDPCに対応する。3個のコピーが作成された元のグラフは、本明細書では基本グラフと呼ばれる。基本グラフから異なるサイズのグラフを導出するために、「コピーおよび置換」動作を基本グラフに適用することができる。

【0073】

基底PCM内の各エントリを $Z \times Z$ 行列と置換することによって、リフトされたグラフの対応するPCMを基本グラフのPCMから構築することができる。「0」エントリ(基本エッジを有さないエントリ)は0行列と置換され、1エントリ(基本エッジを示す)は $Z \times Z$ 置換行列と置換される。巡回リフティングの場合、置換は巡回置換である。

【0074】

巡回リフトされたLDPCコードは、バイナリ多項式モジュロ x^2+1 のリング上のコードと解

釈することもできる。この解釈では、バイナリ多項式 $(x) = b_0 + b_1x + b_2x^2 + \dots + b_{z-1}x^{z-1}$ は、基本グラフ内の各変数ノードに関連付けられ得る。バイナリベクトル $(b_0, b_1, b_2, \dots, b_{z-1})$ は、リフトされたグラフ内の z 個の対応する変数ノード、すなわち、単一の基本変数ノードの z 個のコピーに関連するビットに対応する。バイナリベクトルの k (グラフ内のエッジに関連するリフティング値と呼ばれる) による巡回置換は、対応するバイナリ多項式を x^k で乗算することによって達成され、この場合、乗算はモジュロ $x^z + 1$ をとる。基本グラフ内の次数 d のパリティチェックは、隣接のバイナリ多項式 $B_1(x), \dots, B_d(x)$ に対する線形制約と解釈することができ、

【数 1】

$$x^{k_1}B_1(x) + x^{k_2}B_2(x) + \dots + x^{k_d}B_d(x) = 0x^{k_1}B_1(x) + x^{k_2}B_2(x) + \dots + x^{k_d}B_d(x) = 0$$

10

と書かれ、値 k_1, \dots, k_d は、対応するエッジに関連する巡回リフティング値である。

【0075】

結果的に生じるこの式は、基本グラフ内の単一の関連するパリティチェックに対応する巡回リフトされた Tanner グラフ内の z 個のパリティチェックに等しい。したがって、リフトされたグラフに関するパリティチェック行列は、1のエントリが x^k の形の名目値と置換され、0のエントリが0としてリフトされる、基本グラフに関する行列を使用して表現可能であるが、ここで、0は、0バイナリ多項式モジュロ $x^z + 1$ と解釈される。そのような行列は、 x^k の代わりに値 k を与えることによって書き込まれる。この場合、0の多項式は「-1」と表現されることがあり、それを x^0 と区別するために、別の記号として表現されることもある。

20

【0076】

一般に、パリティチェック行列の正方部分行列はコードのパリティビットを表す。相補列は、符号化の時点で、符号化されるべき情報ビットに等しく設定された情報ビットに対応する。符号化は、パリティチェック方程式を満たすために、前述の正方部分行列内の変数を求めることによって達成され得る。行列 H は、2つの部分 M および N に区分することができ、この場合、 M は正方部分である。したがって、符号化は $M_c = s = Nd$ を求めることに帰着し、この場合、 c および d は x を含む。準巡回コードまたは巡回リフトされたコードの場合、上記の代数はバイナリ多項式モジュロ $x^z + 1$ のリングに関する解釈され得る。準巡回である 802.11 LDPC コードの場合、符号化部分行列 M は、図 10 に示すように整数表現を有する。

30

【0077】

受信 LDPC コードワードを復号して、元のコードワードの再構築バージョンを生成することができる。誤りがない場合、または訂正可能な誤りの場合、復号を使用して、符号化された元のデータユニットを復元することができる。デコーダは、冗長ビットを使用して、ビット誤りを検出および訂正することができる。LDPC デコーダは、概して、局所計算を反復的に実行して、エッジとともに、2部グラフ 800 内のメッセージを交換して、着信メッセージに基づいてノードにおいて計算を実行することでこれらのメッセージを更新することによって、それらの結果を通すことによって動作する。これらのステップは、一般に、数回繰り返されてよい。たとえば、グラフ 800 内の各変数ノード 810 に、通信チャネルからの観測によって判定された関連ビットの値の推定を示す「ソフトビット」(たとえば、コードワードの受信ビットを表す)を最初に提供することができる。これらのソフトビットを使用して、LDPC デコーダは、それら、またはそれらのいくつかの部分メモリから反復的に読み取り、更新メッセージ、またはそれらのいくつかの部分メモリに再度書き込むことによって、メッセージを更新することができる。更新動作は、一般に、対応する LDPC コードのパリティチェック制約に基づく。リフトされた LDPC コードに対する実装形態では、同様のエッジ上のメッセージは並列で処理されることが多い。

40

【0078】

高速アプリケーション用に設計された LDPC コードは、符号化動作および復号動作において高い並列性をサポートするために、大きいリフティング係数と比較的小さい基本グラフとを用いた準巡回構成を使用することが多い。より高いコードレート(たとえば、コード

50

ワード長に対するメッセージ長の比率)を有するLDPCコードは、比較的少ないパリティチェックを有する傾向がある。ベースパリティチェックの数が変数ノードの次数(たとえば、変数ノードに接続されたエッジの数)よりも小さい場合、基本グラフ内で、変数ノードは、2個以上のエッジによってベースパリティチェックのうちの少なくとも1つに接続される(たとえば、変数ノードは「ダブルエッジ」を有し得る)。ベースパリティチェックの数が変数ノードの次数(たとえば、変数ノードに接続されたエッジの数)よりも小さい場合、基本グラフ内で、変数ノードは、2個以上のエッジによってベースパリティチェックのうちの少なくとも1つに接続される。2個以上のエッジによって接続されたベース変数ノードおよびベースチェックノードを有することは、概して、並列ハードウェア実装のためには望ましくない。たとえば、そのようなダブルエッジは、同じメモリロケーションに対して複数の同時読取り動作および書込み動作を生じさせる可能性があり、これは、データコヒーレンシ問題を生み出す可能性がある。ベースLDPCコード内のダブルエッジは、単一の並列パリティチェック更新の間に、メモリロケーション内の同じソフトビット値の並列読取りを2度トリガし得る。したがって、両方の更新を適切に組み込むことができるように、メモリに再度書き込まれるソフトビット値を組み合わせるために、一般に、追加の回路が必要とされる。LDPCコード内のダブルエッジの除去することは、この過剰な複雑性の回避に役立つ。

【0079】

巡回リフティングに基づくLDPCコード設計は、多項式モジュロのリング上のコードがバイナリ多項式モジュロ x^Z-1 であり得ると解釈することができ、式中、 Z はリフティングサイズ(たとえば、準巡回コード内のサイクルのサイズ)である。したがって、そのようなコードの符号化は、しばしば、このリング内の代数的演算として解釈され得る。

【0080】

標準的な非正規LDPCコードアンサンブル(次数分布)の定義では、Tannerグラフ表現内のすべてのエッジは統計的に相互交換可能であり得る。言い換えれば、単一の統計的同値類エッジが存在する。マルチエッジLDPCコードの場合、複数の同値類エッジが可能であり得る。標準的な非正規LDPCアンサンブル定義では、グラフ内のノード(可変と制約の両方)は、エッジ次数がベクトルであるマルチエッジタイプ設定では、それらの次数、すなわち、それらのノードが接続されるエッジの数によって指定されるが、その次数は、各エッジ同値類(タイプ)からのノードに独立して接続されたエッジの数を指定する。マルチエッジタイプアンサンブルは、有限数のエッジタイプからなる。制約ノードの次数タイプは、(非負)整数のベクトルであり、このベクトルの第 i 番目のエントリは、そのようなノードに接続された第 i 番目のタイプのソケットの数を記録する。このベクトルは、エッジ次数と呼ばれることがある。変数ノードの次数タイプは、(非負)整数のベクトルと見なされ得るが、この次数タイプは2つの部分を有する。第1の部分は、受信分布に関し、受信次数と呼ばれることになり、第2の部分はエッジ次数を指定する。エッジ次数は、制約ノードに関するのと同じ役割を果たす。エッジは、それらが同じタイプのソケットをペアリングするとして分類される。ソケットは同様のタイプのソケットとペアリングすべきであるという制約は、マルチエッジタイプ概念を特徴づける。マルチエッジタイプ記述では、異なるノードタイプは異なる受信分布を有し得る(たとえば、関連するビットは異なるチャンネルを通過し得る)。

【0081】

パンクチャリングは、より短いコードワードを生成するためにコードワードからビットを除去することによって実行される。したがって、パンクチャリングされた変数ノードは、実際に送信されていないコードワードビットに対応する。LDPCコード内の変数ノードのパンクチャリングは、チェックノードをやはり効果的に除去すると同時に、(たとえば、ビットの除去により)短縮コードを生成する。具体的には、パンクチャされるべき変数ノードが1の次数を有する、パンクチャされるべきビットを含むLDPCコードの行列表現(たとえば、行結合による)の場合、変数ノードのパンクチャリングは、コードから関連ビットを除去し、グラフからその単一の隣接チェックノードを効果的に除去する。結果として、

グラフ内のチェックノードの数は1だけ低減される。パンクチャリングはパンクチャリングパターンに従って実行され得る。パンクチャリングパターンは、パンクチャされるべきビットを指定する。

【0082】

図11は、本開示のいくつかの態様による、エンコーダを示す簡素化ブロック図である。図11は、ワイヤレス送信のための符号化メッセージを含む信号を提供するように構成され得る無線周波数(RF)モデム1150の一部分を示す簡素化ブロック図1100である。一例では、BS110(または、逆経路上のUE120)内の畳み込みエンコーダ1102は送信のためのメッセージ1120を受信する。メッセージ1120は、受信デバイス向けのデータおよび/もしくは符号化音声または他のコンテンツを含み得る。エンコーダ1102は、一般に、BS110または別のネットワークエンティティによって定義された構成に基づいて選択された好適な変調およびコーディング方式(MCS)を使用してメッセージを符号化する。エンコーダ1102によって生成される符号化ビットストリーム1122は、次いで、別個のデバイスもしくは構成要素であってよく、またはエンコーダ1102と一体型であってもよいパンクチャリングモジュール1104によって選択的にパンクチャされ得る。パンクチャリングモジュール1104は、ビットストリームが、送信に先立ってパンクチャされるべきか、またはパンクチャリングなしで送信されるべきかを判定することができる。ビットストリーム1122をパンクチャする判定は、一般に、ネットワーク条件、ネットワーク構成、RAN定義された選好に基づいて、かつ/または他の理由で行われる。ビットストリーム1122は、パンクチャパターン1112に従ってパンクチャされ、メッセージ1120を符号化するために使用され得る。パンクチャリングモジュール1104は、Txシンボル1126のシーケンスを生成するマップ1106に出力1124を提供し、Txシンボル1126のシーケンスは、Txチェーン1108によって変調され、増幅され、さもなければ処理され、アンテナ1110を通して送信するためのRF信号1128が生成される。

【0083】

モデム部分1150がビットストリーム1122をパンクチャするように構成されるかどうかに応じて、パンクチャリングモジュール1104の出力1124は、非パンクチャリングされたビットストリーム1122、またはビットストリーム1122のパンクチャリングされたバージョンであってよい。一例では、パリティおよび/または他の誤り訂正ビットは、RFチャネルの限定された帯域幅内でメッセージ1120を送信するために、エンコーダ1102の出力1124内でパンクチャされ得る。別の例では、ビットストリームは、干渉を回避するために、または他のネットワーク関連の理由で、メッセージ1120を送信するために必要とされる電力を低減するためにパンクチャされ得る。これらのパンクチャリングされたコードワードビットは送信されない。

【0084】

デコーダおよびLDPCコードワードを復号するために使用される復号アルゴリズムは、エッジとともにグラフ内のメッセージを交換して、着信メッセージに基づいてノードにおいて計算を実行することでこれらのメッセージを更新することによって動作する。グラフ内の各変数ノードに、たとえば、通信チャネルからの観測によって判定された関連ビットの値の推定を示す、受信値と呼ばれるソフトビットを最初に提供することができる。理想的には、別個のビットに関する推定値は統計的に独立している。この理想は、実際にはそむかれる。受信ワードは、受信値の収集物からなる。

【0085】

図12は、本開示のいくつかの態様によるデコーダを示す簡素化ブロック図である。図12は、パンクチャリングされた符号化メッセージを含む、ワイヤレスに送信された信号を受信および復号するように構成され得るRFモデム1250の一部分を示す簡素化概略図1200である。パンクチャコードワードビットは消去されるとして扱われてよい。たとえば、パンクチャリングされたノードのLLRは初期化において「0」に設定され得る。様々な例では、信号を受信するモデム1250は、UEにおいて、BSにおいて、または説明する機能を実行するための任意の他の好適な装置もしくは手段において存在し得る。アンテナ1202はRF信号1220をUEに提供する。RFチェーン1204は、RF信号1220を処理および復調し、シンボル1222のシ

ーケンスをデマッパ1206に提供することができ、デマッパ1206は符号化メッセージを表すビットストリーム1224を生成する。

【0086】

デマッパ1206はデパンクチャリングされたビットストリーム1224を提供することができる。一例では、デマッパ1206は、パンクチャリングされたビットが送信機によって削除されたビットストリーム内のロケーションにヌル値を挿入するように構成され得るデパンクチャリングモジュールを含み得る。送信機においてパンクチャリングされたビットストリームを生成するために使用されるパンクチャパターン1210が知られているとき、デパンクチャリングモジュールを使用することができる。パンクチャパターン1210を使用して、畳み込みデコーダ1208によってビットストリーム1224の復号の間に無視され得るLLR1228を識別することができる。LLRはビットストリーム1224内のデパンクチャビットロケーションのセットに関連付けられ得る。したがって、デコーダ1208は、識別されたLLR1228を無視することによって処理オーバーヘッドを低減させて復号メッセージ1226を生成することができる。LDPCデコーダは、パリティチェック動作または変数ノード動作を並列で実行するための複数の処理要素を含み得る。たとえば、リフティングサイズZでコードワードを処理するとき、LDPCデコーダは、いくつか(Z個)の処理要素を利用して、リフトされたグラフのすべてのZ個のエッジ上でパリティチェック動作を同時に実行することができる。

【0087】

デコーダ1208の処理効率は、パンクチャリングされたビットストリーム1222内で送信されたメッセージ内のパンクチャリングされたビットに対応するLLR1228を無視するようにデコーダ1208を構成することによって改善され得る。パンクチャリングされたビットストリーム1222は、符号化メッセージから除去されるべきいくつかのビットを定義するパンクチャリング方式に従ってパンクチャされている場合がある。一例では、いくつかのパリティビットまたは他の誤り訂正ビットを除去することができる。パンクチャリングパターンは、各メッセージ内のパンクチャされるべきビットのロケーションを識別するパンクチャリング行列またはパンクチャリング表の形で表現され得る。通信チャネル上のデータレートおよび/またはネットワークによって設定された送信電力制限に準拠したままでありながら、メッセージ1226を復号するために使用される処理オーバーヘッドを低減させるためのパンクチャリング方式を選択することができる。結果として生じるパンクチャリングされたビットストリームは、一般に、高レートの誤り訂正コードの誤り訂正特性を示すが、冗長性はより小さい。したがって、チャネル条件が雑音比(SNR)に対して比較的高い信号を生成するとき、受信機内のデコーダ1208における処理オーバーヘッドを低減させるためにパンクチャリングを効果的に採用することができる。

【0088】

畳み込みデコーダ1208を使用して、畳み込み符号を使用して符号化されているビットストリームからm個のビット情報ストリングを復号することができる。デコーダ1208は、ビタビデコーダ、代数デコーダ(algebraic decoder)、または別の好適なデコーダを含み得る。一例では、ビタビデコーダは既知のビタビアルゴリズムを採用して、受信ビットストリーム1224に対応する可能性が最も高いシグナリング状態のシーケンス(ビタビ経路)を見出す。ビットストリーム1224は、ビットストリーム1224に関して計算されたLLRの統計分析に基づいて復号され得る。一例では、ビタビデコーダは、ビットストリーム1224からLLRを生成するための尤度比テストを使用してシグナリング状態のシーケンスを定義する正確なビタビ経路を比較および選択することができる。尤度比を使用して、どの経路がビットストリーム1224を生成したシンボルのシーケンスを明らかにする可能性が最も高いかを判定するために、各候補ビタビ経路に関する尤度比(すなわち、LLR)の対数を比較する尤度比テストを使用して、複数の候補ビタビ経路の適合度を統計的に比較することができる。

【0089】

いくつかのビットがパンクチャされているかにかかわらず、受信機において、パンクチャリングされたビットストリームを復号するために、非パンクチャリングされたビットスト

10

20

30

40

50

リームを復号するために使用される同じデコードを一般に使用することができる。従来の受信機では、一般に、パンクチャリングされた状態またはパンクチャリングされた位置に関するLLR(デパンクチャリングされたLLR)をゼロで充填することによって復号が試みられる前に、LLR情報がデパンクチャされる。デコードは、何の情報も効果的に搬送しないデパンクチャリングされたLLRを無視することができる。

【0090】

例示的な拡張パンクチャリングおよびLDPC構造特徴

ワイヤレス送信を対象とする低密度パリティ検査(LDPC)コードに関する望ましい属性の1つは、ガウス雑音チャネルとフェージングチャネルの両方に関する高性能である。変数ノードの最大次数(たとえば、グラフ内のチェックノードに対するグラフ内の変数ノードの接続性の次数、または接続の数)が(たとえば、基準LDPCコードに対して)あまり大きくないことがやはり望ましい。

10

【0091】

いくつかのシステム(たとえば、802.11n、802.11ad、WiMAX、ATSCなど)は、マルチエッジタイプLDPCコード構造を使用することができる。マルチエッジタイプLDPCコードは、標準の非正規LDPCコードに勝る利点を有し得る。たとえば、マルチエッジタイプLDPCコード構造は、標準の非正規LDPCコードよりもはるかに多くの自由度を提供することができ、自由度を活用して、優れた性能、低い符号化/復号複雑性、および/または他の望ましい属性を備えたコードを設計することができる。

【0092】

20

マルチエッジタイプ構成は、設計に高次数のパンクチャリングされた変数ノードをもたらすことができ、その結果、有限ノード次数を用いて容量に対するギャップを低減することができる。パンクチャリングされたノードは、整合条件として知られる設計目標を達成するのを助けるが、パンクチャリングされたノードは復号プロセスの始めに反復デコードを減速させる場合がある。たとえば、パンクチャリングされたノードは、発信エッジに沿って消去情報を送出し、その結果、接続されたチェックノードは第1の少数の反復において情報をほとんど送らないか、またはまったく送らない。リフトされたLDPCコードの文脈で、比較的小さいベースコードをリフトすること(たとえば、コピーすること)によって構築されたコードの場合、ベースコードがダブルエッジ(たとえば、2個のエッジによってチェックノードに接続された変数ノード)をまったく有さないか、またはほとんど有さないことが望ましい場合が多い。高次数の変数ノードは多くのチェックノードに接続されるため、高次数の変数ノードは、たとえば、チェックノードの数が比較的小さいときに高いレートでダブルエッジの生成をもたらす場合がある。

30

【0093】

LDPCコードに関する別の所望の属性は、ハイブリッド自動再送信要求(HARQ)拡張に対するサポートである。HARQ拡張は、追加のパリティビットを追加すること、および既存のパリティチェックを一次変数ノードの追加で分割することを必要とし得る。所望の性能を達成するために望ましい場合がある、分割の両半分がパンクチャリングされた変数ノードに接続される場合、事前分割されたチェックノードは、パンクチャリングされた変数ノードに接続された少なくとも2つのエッジを有し得る。たとえば、単一の高次数のパンクチャリングされた変数ノードを用いるLDPCコード設計ベースコード内のダブルエッジの存在。したがって、大きな次数の1個のパンクチャリングされた変数ノードではなく、より小さい次数の複数のパンクチャリングされた変数ノードを有することが望ましい場合があるが、高レートコードの場合、良好な性能を達成することは困難な場合がある。言い換えれば、ダブルエッジを回避することと、より高いコードレートを達成することとの間にトレードオフが存在し得る。

40

【0094】

したがって、より少ないダブルエッジを有するが、依然として、広範囲のコードレートにわたって高性能を達成することができるLDPCコードのパンクチャリングのための技法が望ましい。

50

【 0 0 9 5 】

基本グラフ内の高次数の複数の変数ノード、ただし他のタイプのLDPCコードに対して比較的低次数の変数ノードの拡張パンクチャリング、およびガウスチャネルおよびフェージングチャネル上の所望のコードレートおよび性能の達成に役立ち得るマルチエッジタイプのLDPCコード構造に追加のパリティビットを追加するLDPコード構造のための技法が本明細書で提供される。

【 0 0 9 6 】

図13は、本開示のいくつかの態様による、ワイヤレス通信のための例示的な動作1300を示す。動作1300は、たとえば、送信デバイス(たとえば、UE120またはBS110)によって実行され得る。動作1300は、1302において、コードワードを生成するためにLDPCコード(たとえば、マルチエッジタイプLDPCコード)に基づいて情報ビットのセットを符号化することによって開始し得る。LDPCコードは、第1の数の変数ノード(基底行列内の列)および第2の数のチェックノード(基底行列内の行)を有する基底行列によって定義される。変数ノードは、基準LDPCコード(たとえば、単一の高次数のパンクチャリングされたノードを有するLDPCコード)内の変数ノードに対してチェックノードに対して低次数の接続性を有することができ、基底行列は、パンクチャリングされた変数ノードに関して少なくとも1個の追加のパリティビット(たとえば、M-1個の追加の変数ノードまたはパンクチャリングされた変数ノードの各対に関する1個の追加の変数ノード)を有する。1304において、送信デバイスは、パンクチャリングされたコードワードを生成するために変数ノードのうちの少なくとも2個(たとえば、M個の変数ノード)(たとえば、基底行列の2個の最高次数の変数ノード)に対応するビットをパンクチャするように設計されたパンクチャリングパターンに従ってコードワードをパンクチャする。1306において、送信デバイスは、少なくとも2個のパンクチャリングされた変数ノードの少なくとも1つの対に関して基本グラフに少なくとも1個の追加のパリティビットを追加する。

【 0 0 9 7 】

1308において、送信デバイスはパンクチャリングされたコードワードを送信する。いくつかの態様によれば、2個のパンクチャリングされた変数ノードのパリティによって少なくとも1個の追加の変数ノードが形成される。少なくとも1個の追加の変数ノードは、チェックノードに対する次数1の接続性を有し得る。

【 0 0 9 8 】

いくつかの態様によれば、単一の高次数のノードをパンクチャする代わりに、複数の低次数のノードをパンクチャさせるLDPCコードを設計することができる。たとえば、二倍の次数の1個のパンクチャリングされたノードの代わりに、一定の次数の2個のノードをパンクチャすることができる。パンクチャリングされた変数ノードは、LDPCコード構造内の最高次数の変数ノードであり得るが、単一の高次数のパンクチャリングされた変数ノードを有する他の(たとえば、従来の)LDPCコードに対して依然として比較的 low 次数の変数ノードである。より低次数のノードである2個のパンクチャリングされたノードの存在は、それらのノードに対してより遅い復号コンバージェンスを導く可能性があり、これは、特に、チェックノードの数が比較的少ない場合、高レートコードに対して良好な性能を達成することをより困難にする可能性がある。場合によっては、パンクチャリングされたノードは、基本グラフ内の最高次数のノード(すなわち、基本グラフ内のチェックノードに対して最も多く接続されたエッジを有する変数ノード)であり得るが、パンクチャリングされたノードは、考えられる最高次数の接続性に対して低次数の接続性を有し得るか、または基準LDPCコード内の次数のパンクチャノードを有し得る。

【 0 0 9 9 】

いくつかの態様によれば、追加の非パンクチャリングされたビットをLDPCコード構造に追加することができる。追加の非パンクチャリングされたビットは、2個のパンクチャリングされたノードのパリティを利用することによって形成され得る(たとえば、パリティビットは、一次変数ノードであり得る)。追加の非パンクチャリングされたビットをLDPCコード構造に追加することは、ネットパンクチャリングレートを低減させる効果を有し得

10

20

30

40

50

る。2個のパンクチャリングされたノードの全体構造および1個の追加の送信パリティビットは、コードから1自由度のみを効果的にパンクチャする。それらの利点は依然として存在するが、パリティビットがより迅速なコンバージェンスを可能にし、それにより、復号プロセスにおいてパンクチャリングされたビットの値の判定を円滑にし得る状態にパンクチャリングされたノードはとどまる。この構造は、上記で論じた他の所望の特徴に対するサポートを提供しながら、ガウスチャネルとフェージングチャネルの両方に関する全体設計の性能の改善に役立ち得る。

【0100】

いくつかの態様によれば、基本グラフが、中程度の(たとえば、比較的低い)次数(たとえば、次数3から次数7)のいくつかの少数のパンクチャリングされた変数ノードを有するLDPCコード構造を使用することができる。LDPCコード構造は、各々が2個のそのようなパンクチャリングされたノードから形成された追加のパリティビットを含むことも可能である。

【0101】

1つの例示的な実装形態では、27または28の長さの基本グラフを有するLDPCコード構造を使用することができる。基本グラフ内で、2個の低次数の変数ノードがパンクチャされ得、2個のパンクチャリングされたノードのパリティによって形成されるLDPCコード構造に1個の追加のパリティビットが追加され得る。このLDPCコード構造は、たとえば、4分の1から9分の8のコードレートに関して有用であり得る。

【0102】

いくつかの態様によれば、大きな基本グラフを有するLDPCコード構造は、多数のパンクチャリングされた低次数のノードおよび多数の関連するパリティビットの追加を必要とし得る。たとえば、 m 個のパンクチャリングされた変数ノードの場合、 $m-1$ 個の一次パリティビットが追加され得る。他の場合には、異なる数のパリティビットを追加することができ、たとえば、場合によっては、 $m-1$ 個に満たないパリティビットを使用することができる。図14に示す別の例示的な実装形態では、36の長さの基本グラフを有するLDPCコード構造1400を使用することができる。基本グラフ内で、比較的低次数を有するLDPCコード構造1400内の3個の最高次数の変数ノード1404がパンクチャされ、各々がパンクチャリングされたノードのうちの2個のパリティによって形成され、チェックノード1402のうちの1個に接続された、2個の追加のパリティビット1406がLDPCコード構造1400に追加される。

【0103】

比較的低次数のパンクチャリングされたノードの次数は、追加のパリティビットを形成するために使用されるエッジを含まないことに留意されよう。HARQ拡張では、パンクチャリングされたノードの次数は、さらなるパリティビットの追加によりかなり増大し得る。マルチエッジタイプ設計の利点のうちの1つは、これらの設計は制御された方法で次数1の変数ノードの導入を可能にすることである。すべての次数1の変数ノードをパンクチャし、それらの関連するチェックノードを同様に除去することによってそれらの変数ノードをコードグラフから取り除くことによって、「コア」グラフが取得され得る。パンクチャリングされた変数ノードの「次数」は、コアグラフ内のノードの次数であり得る。

【0104】

少なくとも2個のパンクチャされた、比較的低次数の変数ノードを有するLDPCコード構造を生成して、変数ノードのパンクチャリングされた対に関する追加のパリティビットを追加するための、本明細書で説明する技法および装置は、より良好なエンコード/デコード動作を提供し得、それにより、プロセッサおよび/または処理システムの拡張された性能を提供し得る。たとえば、下位パンクチャリングされたノードの使用は、反復復号を遅らせる可能性があるグラフ内のダブルエッジの存在の回避に役立つ。追加のパリティビットをパンクチャリングされた変数ノードに関する基本グラフに追加することによって、パンクチャリングされた変数ノードが存在する場合でさえ、良好な性能を依然として取得することができ、グラフ内のダブルエッジの生成を依然として回避しながら、より高いコードレートを達成することができる。したがって、提案されるLDPCコード構造を使用する符

号化/復号は改善された処理時間につながる。

【0105】

本明細書で開示した方法は、説明した方法を達成するための1つまたは複数のステップまたはアクションを備える。方法ステップおよび/またはアクションは、特許請求の範囲の範囲から逸脱することなく互いに入れ替えられてもよい。言い換えれば、ステップまたはアクションの特定の順序が指定されない限り、特定のステップおよび/またはアクションの順序および/または使用は、特許請求の範囲の範囲から逸脱することなく修正されてもよい。

【0106】

本明細書で使用する「判定すること」という用語は、幅広い様々なアクションを包含する。たとえば、「判定すること」は、算出すること、計算すること、処理すること、導出すること、調査すること、ルックアップすること(たとえば、テーブル、データベースまたは別のデータ構造においてルックアップすること)、確認することなどを含んでもよい。また、「判定する」は、受信する(たとえば、情報を受信する)、アクセスする(たとえば、メモリ内のデータにアクセスする)などを含み得る。また、「判定する」は、解決する、選択する、選出する、確立するなどを含み得る。

【0107】

いくつかの場合には、デバイスは、フレームを実際に送信するのではなく、フレームを送信するように出力するインターフェースを有してもよい。たとえば、プロセッサは、バスインターフェースを介して、送信用のRFフロントエンドにフレームを出力してもよい。同様に、デバイスは、フレームを実際に受信するのではなく、別のデバイスから受信したフレームを取得するためのインターフェースを有してもよい。たとえば、プロセッサは、バスインターフェースを介して、送信用のRFフロントエンドからフレームを取得(または、受信)してもよい。

【0108】

上述の方法の様々な動作は、対応する機能を実行することができる任意の好適な手段によって実行されてもよい。この手段は、限定はしないが、回路、特定用途向け集積回路(ASIC)、またはプロセッサを含む、様々なハードウェアおよび/またはソフトウェア構成要素および/またはモジュールを含んでもよい。概して、図に示した動作がある場合、それらの動作は、同様の番号を付された対応する同等のミーンズプラスファンクション構成要素を有してもよい。

【0109】

本開示に関して説明した様々な例示的な論理ブロック、モジュール、および回路は、汎用プロセッサ、デジタル信号プロセッサ(DSP)、特定用途向け集積回路(ASIC)、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)もしくは他のプログラマブル論理デバイス(PLD)、ディスクリートゲートもしくはトランジスタロジック、ディスクリートハードウェア構成要素、または、本明細書で説明した機能を実行するように設計されたそれらの任意の組合せを用いて実装または実行されてもよい。汎用プロセッサは、マイクロプロセッサであってもよいが、代替として、プロセッサは、任意の市販のプロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、または状態機械であってもよい。プロセッサは、コンピューティングデバイスの組合せ(たとえば、DSPおよびマイクロプロセッサの組合せ、複数のマイクロプロセッサ、DSPコアと連携する1つもしくは複数のマイクロプロセッサ、または任意の他のそのような構成)として実装することもできる。

【0110】

ハードウェアとして実装される場合、例示的なハードウェア構成は、ワイヤレスノード内の処理システムを備えてもよい。処理システムは、バスアーキテクチャを用いて実装されてもよい。バスは、処理システムの特定の適用例および全体的な設計制約に応じて、任意の数の相互接続バスおよびブリッジを含んでもよい。バスは、プロセッサ、機械可読媒体、およびバスインターフェースを含む、様々な回路を互いにリンクさせる場合がある。バスインターフェースは、バスを介して、とりわけ、処理システムにネットワークアダプ

10

20

30

40

50

タを接続するために使用されてもよい。ネットワークアダプタは、PHYレイヤの信号処理機能を実装するために使用されてもよい。ワイヤレスノード(図1参照)の場合、ユーザインターフェース(たとえば、キーパッド、ディスプレイ、マウス、ジョイスティックなど)もバスに接続され得る。バスは、タイミングソース、周辺装置、電圧調整器、電力管理回路などの様々な他の回路をリンクさせることもできるが、これらの回路は当技術分野でよく知られており、したがって、これ以上は説明しない。プロセッサは、1つまたは複数の汎用および/または専用プロセッサを用いて実装されてもよい。例としては、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、DSPプロセッサ、およびソフトウェアを実行することができる他の回路がある。当業者は、特定の用途とシステム全体に課せられた全体的な設計制約とに応じて処理システムに関する上述の機能を最も適切に実装するにはどうすべきかを認識するであろう。

10

【0111】

ソフトウェアにおいて実装される場合、機能は、1つまたは複数の命令またはコードとしてコンピュータ可読媒体上に記憶されるか、またはコンピュータ可読媒体を介して送信され得る。ソフトウェアは、ソフトウェア、ファームウェア、ミドルウェア、マイクロコード、ハードウェア記述言語、またはその他の名称で呼ばれるかどうかにかかわらず、命令、データ、またはそれらの任意の組合せを意味するように広く解釈されるものである。コンピュータ可読媒体は、コンピュータ記憶媒体と、ある場所から別の場所へのコンピュータプログラムの伝達を容易にする任意の媒体を含む通信媒体の両方を含む。プロセッサは、機械可読記憶媒体に記憶されたソフトウェアモジュールの実行を含む、バスおよび一

般的な処理を管理することを担い得る。コンピュータ可読記憶媒体は、プロセッサがその記憶媒体から情報を読み取ることができ、かつその記憶媒体に情報を書き込むことができるようにプロセッサに結合されてもよい。代替として、記憶媒体は、プロセッサと一体であってもよい。例として、機械可読媒体は、送信線路、データによって変調された搬送波、および/またはワイヤレスノードとは別個の命令が記憶されたコンピュータ可読記憶媒体を含んでもよく、これらはすべて、バスインターフェースを介してプロセッサによってアクセスされる場合がある。代替としてまたは追加として、機械可読媒体またはその任意の部分は、キャッシュおよび/または汎用レジスタファイルと同様にプロセッサに統合されてよい。機械可読記憶媒体の例としては、RAM(ランダムアクセスメモリ)、フラッシュメモリ、ROM(読取り専用メモリ)、PROM(プログラマブル読取り専用メモリ)、EPROM(消去可能プログラマブル読取り専用メモリ)、EEPROM(電氣的消去可能プログラマブル読取り専用メモリ)、レジスタ、磁気ディスク、光ディスク、ハードドライブ、もしくは他の任意の好適な記憶媒体、またはそれらの任意の組合せを含めてもよい。機械可読媒体はコンピュータプログラム製品内で具現化されてもよい。

20

30

【0112】

ソフトウェアモジュールは、単一の命令または多くの命令を備えてよく、いくつかの異なるコードセグメントにわたって、異なるプログラム間で、また複数の記憶媒体にわたって、分散されてもよい。コンピュータ可読媒体は、いくつかのソフトウェアモジュールを含んでもよい。ソフトウェアモジュールは、プロセッサなどの装置によって実行されると、処理システムに様々な機能を実行させる命令を含む。ソフトウェアモジュールは、送信モジュールと受信モジュールとを含んでもよい。各ソフトウェアモジュールは、単一の記憶デバイス内に存在しても、または複数の記憶デバイスにわたって分散されてもよい。例として、トリガイベントが発生したときに、ソフトウェアモジュールは、ハードドライブからRAMにロードされてもよい。ソフトウェアモジュールの実行中、プロセッサは、アクセス速度を高めるために、命令のうちのいくつかをキャッシュにロードしてもよい。1つまたは複数のキャッシュラインが、次いで、プロセッサによって実行されるように汎用レジスタファイルの中にロードされてよい。以下でソフトウェアモジュールの機能に言及する場合、そのような機能は、そのソフトウェアモジュールからの命令を実行するときにプロセッサによって実装されることが理解されよう。

40

【0113】

50

また、あらゆる接続が、コンピュータ可読媒体と適切に呼ばれる。たとえば、ソフトウェアが、同軸ケーブル、光ファイバケーブル、ツイストペア、デジタル加入者回線(DSL)、または赤外線(IR)、無線、およびマイクロ波などのワイヤレス技術を使用して、ウェブサイト、サーバ、または他のリモートソースから送信される場合、同軸ケーブル、光ファイバケーブル、ツイストペア、DSL、または赤外線、無線、およびマイクロ波などのワイヤレス技術は媒体の定義に含まれる。本明細書において使用されるディスク(disk)およびディスク(disc)は、コンパクトディスク(disc)(CD)、レーザディスク(disc)、光ディスク(disc)、デジタル多用途ディスク(disc)(DVD)、フロッピーディスク(disk)、およびBlu-ray(登録商標)ディスク(disc)を含み、ディスク(disk)は、通常はデータを磁氣的に再生し、ディスク(disc)は、レーザを用いてデータを光学的に再生する。したがって、いくつかの態様では、コンピュータ可読媒体は、非一時的コンピュータ可読媒体(たとえば、有形媒体)を備えてもよい。加えて、他の態様の場合、コンピュータ可読媒体は、一時的コンピュータ可読媒体(たとえば、信号)を備えてもよい。上記の組合せもコンピュータ可読媒体の範囲に含まれるべきである。

10

【0114】

したがって、いくつかの態様は、本明細書で提示した動作を実行するためのコンピュータプログラム製品を含んでもよい。たとえば、そのようなコンピュータプログラム製品は、本明細書で説明した動作を実行するように1つまたは複数のプロセッサによって実行可能である命令が記憶された(および/または符号化された)コンピュータ可読媒体を含んでもよい。

20

【0115】

さらに、本明細書で説明した方法および技法を実行するためのモジュールおよび/または他の適切な手段は、適用可能な場合にワイヤレスノードおよび/または基地局によってダウンロードおよび/または他の方法で取得され得ることを理解されたい。たとえば、そのようなデバイスは、本明細書で説明した方法を実行するための手段の転送を容易にするためにサーバに結合することができる。あるいは、本明細書で説明した様々な方法は、ワイヤレスノードおよび/または基地局が、記憶手段をデバイスに結合または提供する際に様々な方法を取得できるように、記憶手段(たとえば、RAM、ROM、コンパクトディスク(CD)またはフロッピーディスクなどの物理記憶媒体)を介して提供され得る。さらに、本明細書で説明した方法および技法をデバイスに提供するための任意の他の適切な技法が利用され得る。

30

【0116】

特許請求の範囲が上記で示した厳密な構成および構成要素に限定されないことを理解されたい。特許請求の範囲の範囲から逸脱することなく、上記で説明した方法および装置の構成、動作、および詳細において、様々な修正、変更、および変形が加えられてもよい。

【符号の説明】

【0117】

- 100 ワイヤレス通信ネットワーク
- 102a マクロセル
- 102b マクロセル
- 102c マクロセル
- 110 BS
- 110a BS
- 110b BS
- 110c BS
- 110r 中継局
- 120 UE
- 120r UE
- 120x UE
- 120y UE

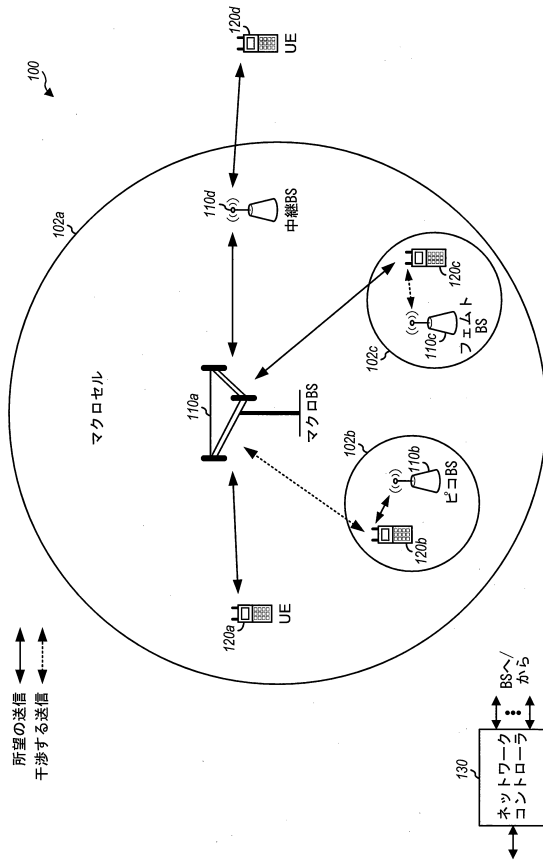
40

50

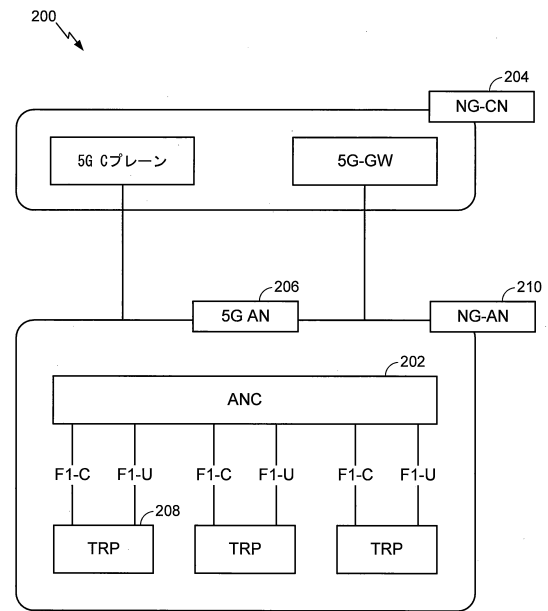
130	ネットワークコントローラ	
200	分散RAN	
202	アクセスノードコントローラ(ANC)	
204	次世代コアネットワーク(NG-CN)	
206	5Gアクセスノード(AN)	
208	TRP、DU	
210	NG-AN	
300	分散RAN	
302	集中型コアネットワークユニット(C-CU)	
304	集中型RANユニット(C-RU)	10
306	DU	
412	データソース	
420	送信プロセッサ	
430	TX MIMOプロセッサ、送信(TX)多入力多出力(MIMO)プロセッサ	
432	変調器	
432a ~ 432t	復調器/変調器	
434	アンテナ	
434a ~ 434t	アンテナ	
436	MIMO検出器	
438	受信プロセッサ	20
439	データシンク	
440	コントローラ/プロセッサ	
442	メモリ	
444	スケジューラ	
452a ~ 452r	アンテナ	
454	復調器	
454a ~ 454r	復調器/変調器(DEMOD)	
456	MIMO検出器	
458	受信プロセッサ	
460	データシンク	30
462	データソース	
464	送信プロセッサ	
466	TX MIMOプロセッサ	
480	コントローラ/プロセッサ	
482	メモリ	
500	図	
505-a	第1のオプション	
505-b	第2のオプション	
510	RRCレイヤ	
515	PDCCPレイヤ	40
520	RLCレイヤ	
525	MACレイヤ	
530	PHYレイヤ	
600	DLセントリックサブフレーム	
602	制御部分	
604	DLデータ部分	
606	通常のUL部分	
700	ULセントリックサブフレーム	
702	制御部分	
704	ULデータ部分	50

706	通常のUL部分	
800	2部グラフ	
800A	行列表現	
801	変数ノード	
802	変数ノード	
803	変数ノード	
804	変数ノード	
805	変数ノード	
810	変数ノード	
811	チェックノード	10
812	チェックノード	
813	チェックノード	
814	チェックノード	
820	チェックノード	
900	2部グラフ	
1100	簡素化ブロック図	
1102	エンコーダ	
1104	パンクチャリングモジュール	
1106	マップ	
1108	Txチェーン	20
1110	アンテナ	
1112	パンクチャパターン	
1120	メッセージ	
1122	符号化ビットストリーム、ビットストリーム、非パンクチャリングされたビットストリーム	
1124	出力	
1126	Txシンボル	
1128	RF信号	
1150	無線周波数(RF)モデム、モデム部分	
1200	簡素化概略図	30
1202	アンテナ	
1204	RFチェーン	
1206	デマップ	
1208	畳み込みデコーダ、デコーダ	
1210	パンクチャパターン	
1220	RF信号	
1222	シンボル、パンクチャリングされたビットストリーム	
1224	ビットストリーム、デパンクチャリングされたビットストリーム、受信ビットストリーム	
1226	復号メッセージ、メッセージ	40
1228	LLR	
1250	RFモデム、モデム	
1300	動作	
1400	LDPCコード構造	
1402	チェックノード	
1404	最高次数の変数ノード	
1406	追加のパリティビット	

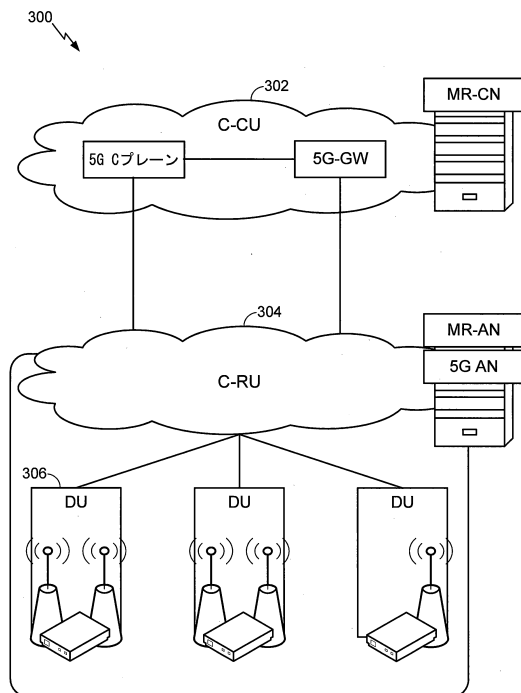
【図 1】



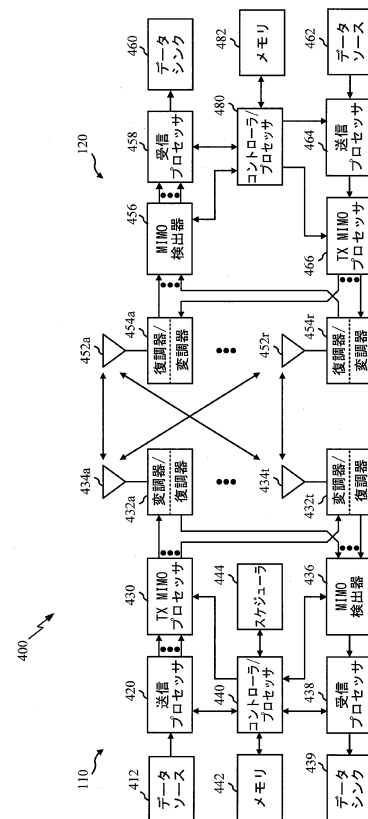
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

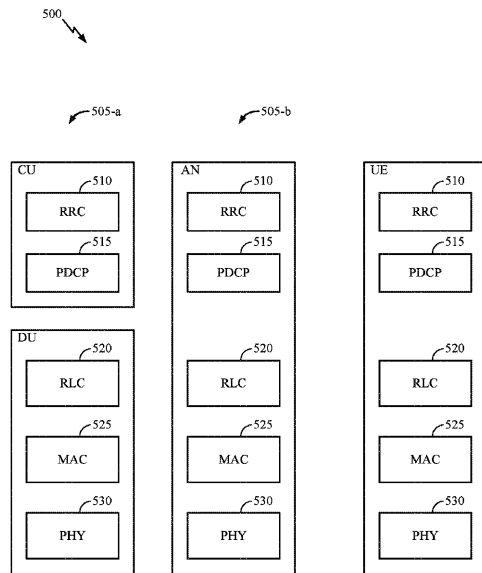
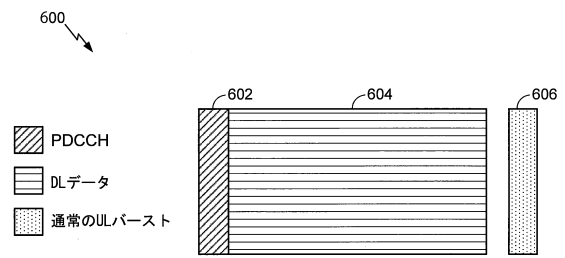
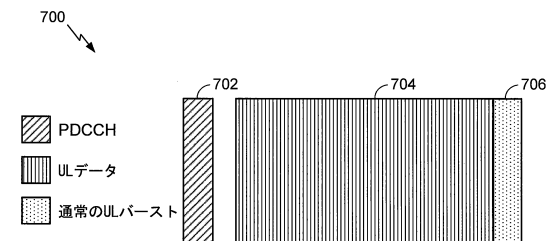


FIG. 5

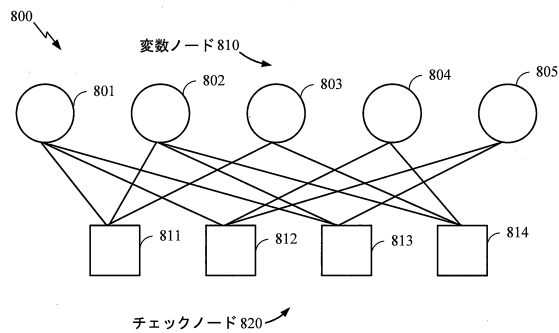
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 9】

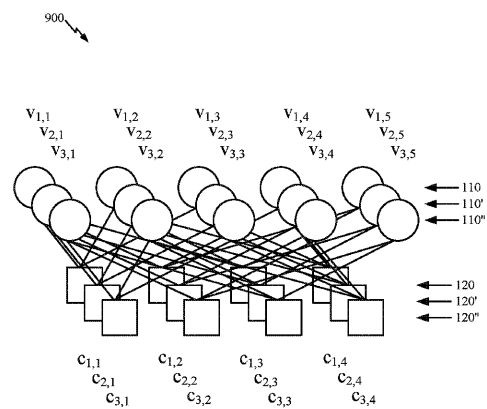


FIG. 9

【図 8 A】

800A

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix}$$

FIG. 8A

【図10】

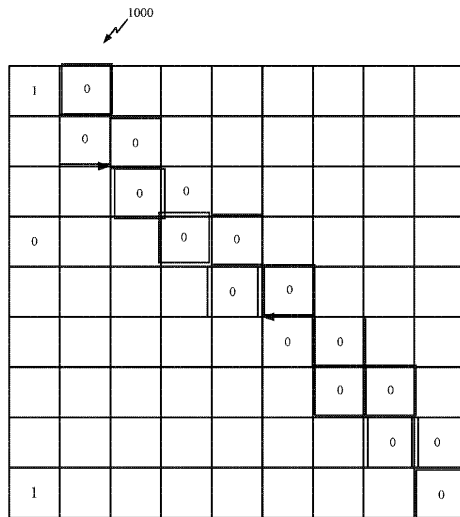
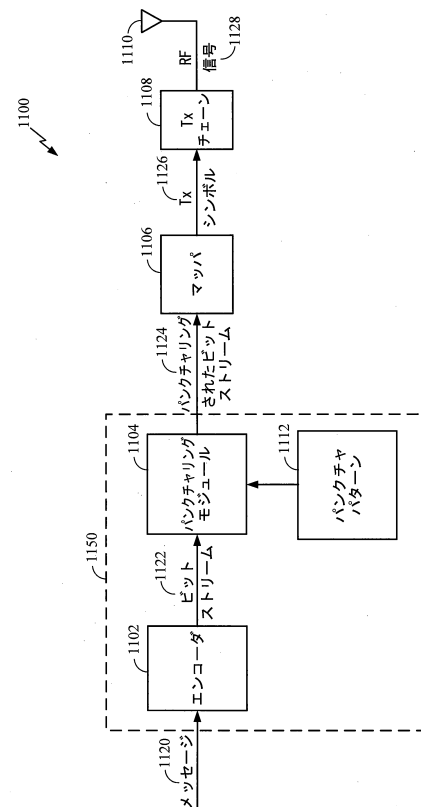
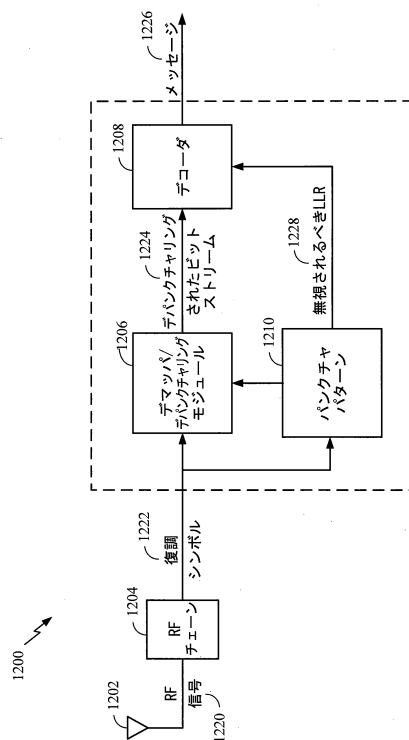


FIG. 10

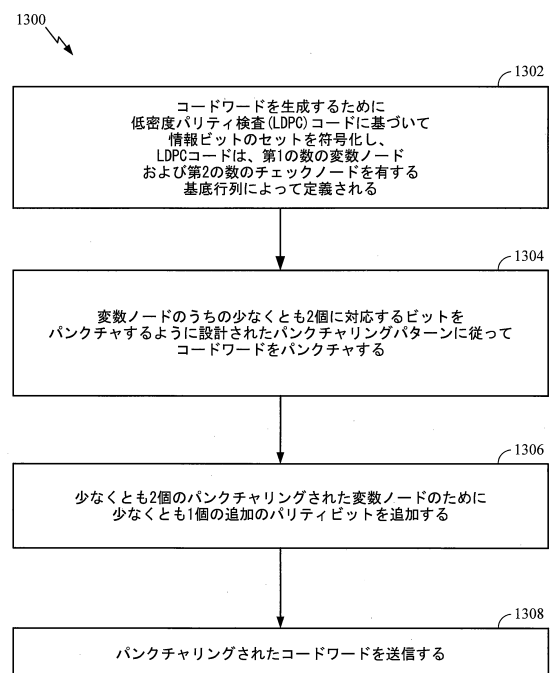
【図11】



【図12】



【図13】



【図 14】

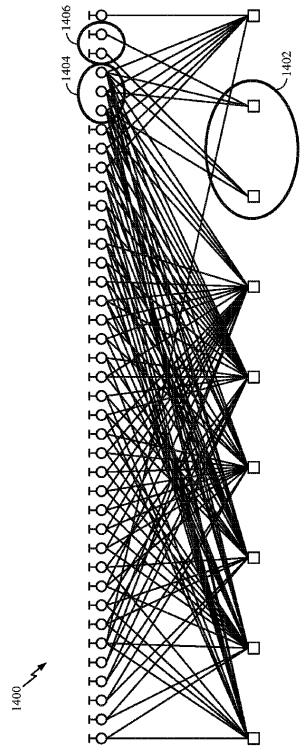


FIG. 14

フロントページの続き

早期審査対象出願

(72)発明者 シュリニヴァス・クデカール
アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライ
ヴ・5775

審査官 原田 聖子

(56)参考文献 特表2010-508728(JP,A)
米国特許出願公開第2010/0275089(US,A1)
Qualcomm Incorporated, LDPC rate compatible design[online], 3GPP TSG-RAN WG1#86 R
1-166370, インターネット<URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_395/Docs/R
1-166370.zip>, 2016年 8月13日

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H03M 13/19