

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2010-520666

(P2010-520666A)

(43) 公表日 平成22年6月10日 (2010.6.10)

(51) Int.Cl.
H03M 13/19 (2006.01)F I
H03M 13/19テーマコード (参考)
5 J 0 6 5

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2009-551786 (P2009-551786)
 (86) (22) 出願日 平成20年2月19日 (2008.2.19)
 (85) 翻訳文提出日 平成21年10月27日 (2009.10.27)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2008/054241
 (87) 国際公開番号 W02008/106340
 (87) 国際公開日 平成20年9月4日 (2008.9.4)
 (31) 優先権主張番号 11/680,612
 (32) 優先日 平成19年2月28日 (2007.2.28)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 509243089
 エクソーシスト トランスファー エー
 ー エルエルシー
 アメリカ合衆国 デラウェア州 1980
 8 ウィルミントン センタービル ロー
 ド 2711 スイート 400
 (74) 代理人 100079049
 弁理士 中島 淳
 (74) 代理人 100084995
 弁理士 加藤 和詳
 (74) 代理人 100085279
 弁理士 西元 勝一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 LDPC符号化の方法およびシステム

(57) 【要約】

本明細書では、1組のLDPC符号により、変調シンボルが不規則に減衰を受ける可能性のある通信路での高信頼性伝送を保証する、低密度パリティ検査符号化(LDPC)による符号化の方法およびシステムが開示される。本明細書で開示するLDPC符号化の方法およびシステムは、符号ブロック長を選択すること、およびデータパケットを符号化することのできる符号語を連結することを含む。符号化方式を最適化するために、まず符号語短縮を行って、所望のパケット長のための整数個の符号語を確保する。次いで符号語をパンクチャし、または反復して、符号語ごとに整数個の通信路シンボルが確保されるようにする。短縮およびパンクチャ反復の方法を実施して、実際の符号化率を低く保ったままで、最小限のオーバーヘッドがもたらされる。

FIG. 6

CODE RATE (R)	LDPC INFORMATION BLOCK LENGTH (BITS)	LDPC CODEWORD BLOCK LENGTH (BITS)
1/2	872	1944
1/2	648	1296
1/2	324	648
2/3	1296	1944
2/3	864	1296
2/3	432	648
3/4	1458	1944
3/4	972	1296
3/4	486	648
5/6	1620	1944
5/6	1080	1296
5/6	540	648

500

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

パケットのデータビットが適合し得る複数の直交周波数分割多重 (OFDM) 符号語における利用可能なビットの数を計算し、

送信する低密度パリティ検査符号化 (LDPC) 符号語の整数の数、および使用する前記 LDPC 符号語の長さを計算し、

前記 LDPC 符号語に符号化する前に前記データビットにパディングする短縮ビットの数を計算し、

LDPC 符号語ごとの前記短縮ビットの数を使って前記データビットを符号化し、

前記 LDPC 符号語に符号化した後で前記 LDPC 符号語からパンクチャする前記データビットの数を計算し、

LDPC 符号語ごとの前記パンクチャの数を使って前記データビットを再符号化し、前記符号化した LDPC 符号語を送信する、

方法。

【請求項 2】

反復する符号化ビットの数を計算することをさらに含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

符号器による情報ビットの送信がなくても復号器に前記情報ビットが知られるようなスキームを前記復号器に送信することをさらに含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記 LDPC 符号語からパンクチャする前記データビットの数を計算することが、すべての LDPC 符号語について、2 つの LDPC 符号語間の短縮ビットの数の最大差が 1 ビットになるような前記短縮ビットの数を計算することを含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記 LDPC 符号語をパンクチャして、2 つの LDPC 符号語間の前記短縮ビットの数の最大差が 1 ビットになるように前記 LDPC 符号語の平衡を保つことをさらに含む請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

送信する前記 LDPC 符号語の整数の数を計算することが、前記利用可能なビットの数をベースコード符号語長で割り、次の整数に切り上げることを含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記データビットにパディングする前記短縮ビットの数を計算することが、前記 LDPC 符号語の整数の数と前記ベースコード符号語長との乗算の結果から前記利用可能なビットの数を差し引くことを含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

パケットのデータビットが適合し得る複数の直交周波数分割多重 (OFDM) 符号語における利用可能なビットの数を計算するように構成された論理と、

送信すべき低密度パリティ検査符号化 (LDPC) 符号語の整数の数、および使用するべき前記 LDPC 符号語の長さを計算するように構成された論理と、

前記 LDPC 符号語に符号化する前に前記データビットにパディングすべき短縮ビットの数を計算するように構成された論理と、

LDPC 符号語ごとの前記短縮ビットの数を使って前記データビットを符号化するように構成された論理と、

前記 LDPC 符号語に符号化した後で前記 LDPC 符号語からパンクチャする前記データビットの数を計算するように構成された論理と、LDPC 符号語ごとの前記パンクチャビットの数を使って前記データビットを再符号化するように構成された論理と、

前記符号化した LDPC 符号語を送信するように構成された論理とを含むコンピュータ可読記憶媒体。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

反復すべき符号化ビットの数を計算するように構成された論理をさらに含む請求項 8 に記載のコンピュータ可読記憶媒体。

【請求項 10】

符号器による情報ビットの送信がなくても復号器に前記情報ビットが知られるようなスキームを前記復号器に送信するように構成された論理をさらに含む請求項 8 に記載のコンピュータ可読記憶媒体。

【請求項 11】

前記 LDPC 符号語からパンクチャする前記データビットの数を計算するように構成された論理が、すべての LDPC 符号語について、2 つの LDPC 符号語間の短縮ビットの数の最大差が 1 ビットになるような前記短縮ビットの数を計算するように構成された論理を含む請求項 8 に記載のコンピュータ可読記憶媒体。

10

【請求項 12】

前記 LDPC 符号語をパンクチャして、2 つの LDPC 符号語間の前記短縮ビットの数の最大差が 1 ビットになるように前記 LDPC 符号語の平衡を保つように構成された論理をさらに含む請求項 11 に記載のコンピュータ可読記憶媒体。

【請求項 13】

送信する前記 LDPC 符号語の整数の数を計算するように構成された論理が、前記利用可能なビットの数をベースコード符号語長で割るように構成された論理と、前記割った数を次の整数に切り上げるように構成された論理とを含む請求項 8 に記載のコンピュータ可読記憶媒体。

20

【請求項 14】

前記データビットにパディングすべき前記短縮ビットの数を計算するように構成された論理が、前記 LDPC 符号語の整数の数とベースコード符号語長との乗算の結果から前記利用可能なビットの数を差し引くように構成された論理を含む請求項 8 に記載のコンピュータ可読記憶媒体。

【請求項 15】

パケットのデータビットが適合し得る複数の直交周波数分割多重 (OFDM) 符号語における利用可能なビットの数を計算し、

送信する低密度パリティ検査符号化 (LDPC) 符号語の整数の数、および使用する前記 LDPC 符号語の長さを計算し、

30

前記 LDPC 符号語に符号化する前に前記データビットにパディングする短縮ビットの数を計算し、

LDPC 符号語ごとの前記短縮ビットの数を使って前記データビットを符号化し、

前記 LDPC 符号語に符号化した後で前記符号語からパンクチャする前記データビットの数を計算し、

LDPC 符号語ごとの前記パンクチャビットの数を使って前記データビットを再符号化し、

前記符号化した LDPC 符号語の送信を実施する

40

ように構成されたプロセッサ
を備えるシステム。

【請求項 16】

前記プロセッサがさらに、反復すべき符号化ビットの数を計算するように構成されている請求項 15 に記載のシステム。

【請求項 17】

前記プロセッサがさらに、符号器による情報ビットの送信がなくても復号器に前記情報ビットが知られるようなスキームを前記復号器に送信するように構成されている請求項 15 に記載のシステム。

【請求項 18】

前記 LDPC 符号語からパンクチャする前記データビットの数を計算するように構成

50

された前記プロセッサが、すべてのLDPC符号語について、2つのLDPC符号語間の短縮ビットの数の最大差が1ビットになるような短縮ビットの数を計算するように構成されたプロセッサを含む請求項15に記載のシステム。

【請求項19】

前記プロセッサがさらに、前記LDPC符号語をバンクチャして、2つのLDPC符号語間の前記短縮ビットの数の最大差が1ビットになるように前記LDPC符号語の平衡を保つように構成されている請求項18に記載のシステム。

【請求項20】

送信する前記LDPC符号語の整数の数を計算するように構成された前記プロセッサが、前記利用可能なビットの数をベースコード符号語長で割って、次の整数に切り上げるように構成されたプロセッサを含む請求項15に記載のシステム。

10

【請求項21】

前記データビットにパディングすべき前記短縮ビットの数を計算するように構成された前記プロセッサが、前記LDPC符号語の整数の数とベースコード符号語長との乗算の結果から前記利用可能なビットの数を差し引くように構成されたプロセッサを含む請求項15に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は一般にデジタル通信に関し、より詳細にはデジタル通信を符号化するシステムおよび方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

通信網は様々な形で実施される。重要な通信網には有線網と無線網が含まれる。有線網には、特に、ローカルエリアネットワーク(LAN)、デジタル加入者線(DSL)網、およびケーブルネットワークが含まれる。無線網には、特に、携帯電話網、従来の陸上移動無線網、および衛星伝送網が含まれる。これらの無線網は通常、広域網として特徴付けられる。より新しくは、無線ローカルエリアネットワークおよび無線ホームネットワークが提案されており、そうしたローカルネットワーク用無線装置の開発基準とするために、BluetoothやIEEE 802.11といった規格が導入されている。

30

【0003】

無線ローカルエリアネットワーク(LAN)は、通常、赤外線(IR)または無線周波数(RF)通信路を使って、携帯式または移動式のコンピュータ端末と据え置き型のアクセスポイントまたは基地局の間で通信を行う。これらのアクセスポイントはさらに、有線または無線の通信路によってネットワークインフラストラクチャに接続され、そこでアクセスポイントのグループ同士を接続して、任意選択により、1つまたは複数のホストコンピュータシステムを含むLANを構成する。

【0004】

BluetoothやIEEE 802.11といった無線プロトコルは、多種多様な通信機能をホストコンピュータへ提供すべく携帯式ローミング端末の論理的相互接続をサポートする。論理的相互接続は、通常はただ1つのアクセスポイントと関連、または通信する端末の少なくとも一部が、所定の範囲内に位置するときに少なくとも2つのアクセスポイントと通信することができるインフラストラクチャに基づくものである。ネットワークの全体的な空間レイアウト、応答時間、およびロード要件に基づいて、通信を最も効率よく調整するように、様々なネットワーク接続方式および通信プロトコルが設計されている。

40

【0005】

IEEE規格802.11(「802.11」)は、「無線LAN媒体アクセス制御(MAC)および物理層(PHY)規格(Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (P

50

HY) Specifications)」に記載されており、米国ニュージャージー州ピスカタウェイ所在のIEEE規格部 (IEEE Standards Department) から入手することができる。802.11は、1Mbps、2Mbps、およびそれより上のデータ転送速度でのIR通信またはRF通信、キャリア検出多重アクセス衝突回避 (CSMA/CA) と同様の媒体アクセス技術、電池駆動式移動局のための省電力モード、完全携帯電話網 (full cellular network) におけるシームレスなローミング、高スループット動作、「デッドスポット」をなくすように設計された多様なアンテナシステム、および既存のネットワークインフラストラクチャへの容易なインターフェースを可能にする。

【0006】

10

802.11a規格は、5GHz帯において6、12、18、24、36および54Mbpsのデータ転送速度を定義している。より高いデータ転送速度が求められる場合、結果として、高データ転送速度の機器が802.11a機器と通信することができるかどうかにかかわらず、相互により高い転送速度で通信し合うことができ、さらに相互に過剰に干渉または遮蔽しないように同じWLAN環境または領域内に共存することのできる機器が必要になる。さらに、高データ転送速度の機器が、802.11a標準の転送速度のいずれかなどで、802.11a機器と通信することができることも求められる。

【0007】

20

無線通信路は送信信号に、深刻な、時間的に変化する不規則な減衰を生じさせることがある。このため、生の情報ビットストリームに事前に計算された冗長性を導入する通信路符号化、すなわち誤り訂正符号化 (ECC) は、無線モデム用のベースバンドプロセッサの不可欠な一部である。低密度パリティ検査符号 (LDPC) と呼ばれる通信路符号の一種は、この誤り訂正符号化を、理論的限界に近いやり方で達成する。LDPC符号は、 n をブロック長 (#ビット) とし、 k を1ブロック当たりの符号化される情報ビット数とするパラメータ (n, k) を含む。従来のブロック符号器は、 k 情報ビットの各ブロックに固定数のパリティビット $m = n - k$ を加えて、符号化率 $R = k / n$ を有する n ビットの符号化ブロックを構成する。

【0008】

30

所与の符号化率では、LDPC符号の誤り訂正能力はブロック長 n が長くなるに従って高まる。LDPC符号は、典型的には、反復アルゴリズムによって復号され、反復アルゴリズムは各パスごとにビット判定の信頼度を改善する。各反復ごとに復号器の性能が改善され、反復回数が一層増えるに従って改善の度合いは減少する。ある回数の反復の後、復号器の性能は実際上改善されなくなり、復号器は「収束」したものとされる。収束に必要とされる反復の回数は、符号自体と、符号が使用される特定の通信路に固有の特性である。よって、LDPC符号の復号器性能は、実行され得る反復回数の関数である。所与の符号化率 R では、復号反復の上限は、式 $(1 - R) \times n$ で求められるパリティビットの数によって決定される。したがって、LDPC符号は可能な限り大きいブロック長で使用する事が望ましいが、ブロック長がより大きくなることは単位時間当たりの反復回数がより少なくなることであり、これは、復号器がその符号についての優れた誤り訂正能力を活用できなくなることを意味する。他方、ブロック長の小さい符号は、復号器が高速で何度も反復を行うことができたとしても、本質的に必要な誤り訂正能力を欠くものになり得る。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

パケットベースのWLAN無線システム、例えば、802.11に準拠したシステムなどにおける1つの課題は、復号器の実際的計算量の平衡を保ちながら、パケットサイズ (利用可能な符号化ビットの総数) を最適化するLDPC符号のブロックサイズおよび反復回数を選ぶことである。データ伝送速度が増大するにつれて、復号器は、データフローに遅れないよう、平均してより高速で動作しなければならない。対象となる典型的なLDPC符号では、復号器は、高度な並列処理を使って、各受信軟符号語に対して所望の回数の

50

復号反復を実行する。よって、復号速度の上限は、最大平均符号化伝送速度と、1ブロック当たりのパリティビット数 $(1 - R) \times n$ と、1ブロック当たりで実行される復号反復回数との積によっておおよそ決定される。ビット誤り率性能（または符号ブロック誤り率性能）をパケット全体にわたってほぼ一定に保つために、パケット構造内の各符号語は、ほぼ等しいサイズおよび等しい符号化率のものとする。各符号語は同じ回数の復号反復を使って復号される。さもないと、パケット中の最も弱い符号ブロックがパケット誤り率全体を左右することになり得る。

【0010】

WLAN無線における復号器の別の課題は、折り返しの確認応答（ARQ機構など）を送信者に即座に送り返すことができるように、パケットの受信終了時に復号を迅速に完了することができることである。WLAN無線システムの中には、この「ARQ」機構を利用してパケット誤りを伝え、誤りがある場合にはパケットの再送信を促すものがある。このために許容される最短時間は各伝送規格によって異なるが、次世代802.11無線では6マイクロ秒程度もの短さとすることができる。受信の終了から確認応答の送信までの時間は、「無効な（dead）」伝送時間であり、よって、ネットワークオーバーヘッドの一因となる。したがって規格では、確認応答のための最小フレーム間伝送時間（SIF）が、実際の制約条件の範囲内で可能な限り最短になるように最適化され得る。

【0011】

データ転送速度を上げ、帯域内で動作する機器が帯域幅をより効果的に使用できるようにすれば、より効率のよい通信が可能になる。データ転送速度がより高くなれば、サービス提供者は自社に割り振られた帯域をより有効に利用することができる。消費者もコスト削減を実現することができる。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本開示の実施形態は、低密度パリティ検査（LDPC）符号化のシステムおよび方法を提供するものである。簡潔には、アーキテクチャとして、システムの一実施形態は特に、パケットのデータビットが適合し得る複数の直交周波数分割多重（OFDM）符号語における利用可能なビットの数を計算し、送信すべき低密度パリティ検査符号化（LDPC）符号語の整数の数、および使用すべきLDPC符号語の長さを計算し、LDPC符号語に符号化する前にデータビットにパディングすべき短縮ビットの数を計算し、LDPC符号語ごとの短縮ビットの数を使ってデータを符号化し、LDPC符号語に符号化した後で符号語からパンクチャすべきデータビットの数を計算し、LDPC符号語ごとのパンクチャビットの数を使ってデータビットを再符号化し、符号化したLDPC符号語の送信を実施するように構成されたプロセッサとして実施することができる。

【0013】

また、本開示の実施形態はLDPC符号化の方法を提供するものとみなすこともできる。この点に関して、特にかかる方法の一実施形態は大まかにいうと、パケットのデータビットが適合し得る複数の直交周波数分割多重（OFDM）符号語における利用可能なビットの数を計算するステップと、送信すべき低密度パリティ検査符号化（LDPC）符号語の整数の数、および使用すべきLDPC符号語の長さを計算するステップと、LDPC符号語に符号化する前にデータビットにパディングすべき短縮ビットの数を計算するステップと、LDPC符号語ごとの短縮ビットの数を使ってデータビットを符号化するステップと、LDPC符号語に符号化した後でLDPC符号語からパンクチャすべきデータビットの数を計算するステップと、LDPC符号語ごとのパンクチャまたは反復ビットの数を使ってデータビットを再符号化するステップと、符号化したLDPC符号語を送信するステップとして要約することができる。

【0014】

本開示の他のシステム、方法、特徴、および利点は、添付の図面および以下の詳細な説明を検討すれば、当分野の技術者には明らかであり、または明らかになるであろう。かかる別のシステム、方法、特徴、および利点はすべてこの説明の範囲内に含まれ、本開示の

10

20

30

40

50

適用範囲内にあり、添付の特許請求の範囲によって保護されるべきものである。

【0015】

本開示の多くの態様は添付の図面を参照すればよりよく理解することができる。各図面の構成要素は必ずしも縮尺通りであるとは限らず、本開示の原理を明確に示すことに重点が置かれている。さらに、図面において類似の参照番号は各図を通して符合する部分を指し示すものである。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】データ伝送のための開放型システム間相互接続(OSI)階層モデルの例を示すブロック図である。

【図2】図1のOSIモデルを使った2つの局を備える通信システムの例示的实施形態を示す図である。

【図3】図1のOSI階層モデルのPHY層の例を示すブロック図である。

【図4】図3のPHY層のPPDU層の例を示すブロック図である。

【図5】低密度パリティ検査符号ブロックの例を示すブロック図である。

【図6】図5のLDPC符号ブロックを符号化するための符号化率、情報ブロック長、および符号語ブロック長の例示的实施形態を示す表である。

【図7】巡回置換行列の例示的实施形態を示す概略図である。

【図8】PPDU符号化パラメータの例を示す表である。

【図9】ブロック長 $n = 648$ ビットにおける符号化率 $1/2$ でのパリティ検査行列の例を示す概略図である。

【図10】ブロック長 $n = 648$ ビットにおける符号化率 $2/3$ でのパリティ検査行列の例を示す概略図である。

【図11】ブロック長 $n = 648$ ビットにおける符号化率 $3/4$ でのパリティ検査行列の例を示す概略図である。

【図12】デジタル伝送システムにおけるLDPC符号化の方法の例示的实施形態を示す流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

本明細書で開示するのは、低密度パリティ検査(LDPC)符号化のシステムおよび方法の様々な実施形態である。1つのシステムの実施形態は、データ信号を受け取り、LDPC符号化を使ってデータ信号を符号化し、末尾シンボルを短縮することにより復号待ち時間を低減するプロセッサを備える。符号化は、PHY層プロセッサだけに限らないが、PHY層プロセッサなど任意の種類のプロセッサで行われてもよく、かかるプロセッサには、それだけに限らないが中でも特に、デジタル信号プロセッサ(DSP)、マイクロプロセッサ(MCU)、汎用プロセッサ、特定用途向け集積回路(ASIC)が含まれる。IEEE 802.11n(「802.11n提案」と呼ばれる新しい規格が提案されており、この規格は5GHzにおける802.11a規格の高データ転送速度の拡張である。目下のところ、802.11n提案は提案にすぎず、まだ完全に定義された規格ではないことに留意する。他の適用可能な規格には、ブルートゥース、xDSL、802.11の他のセクションなどが含まれる。

【0018】

802.11は、無線ローカルエリアネットワーク(WLAN)を対象としており、特にMAC層およびPHY層を規定している。これらの層は、ISOによるOSI基本参照モデルに基づくシステムの下層、すなわちデータリンク層および物理層に厳密に対応するものである。図1に、通信網における層間の情報交換を説明するために国際標準化機構(ISO)によって策定された開放型システム間相互接続(OSI)階層モデル100の図を示す。OSI階層モデル100は、各層の技術的機能を分離し、それによって、近接する層の機能に有害な影響を与えずに、所与の層の変更または更新を円滑に行わせるのに特に役立つ。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 9 】

OSIモデル100の最下層には、データを、特定の媒体を伝送される信号に符号化、復号する役割を果たす物理層またはPHY層102がある。PHY層102の上には、ネットワークを介した信頼性の高いデータ伝送を提供すると同時に、PHY層102およびネットワーク層106との適切なインターフェースを行うデータリンク層104が定義されている。ネットワーク層106は、ネットワーク内のノード間でデータを経路指定し、各ノードに接続されたユーザ間の通信リンクを開始し、維持し、終了させる役割を果たす。トランスポート層108は、特定のサービス品質レベル内でデータ転送を行う役割を果たす。セッション層110は、一般に、ユーザがデータを送受信することができる時間の制御と関連付けられる。プレゼンテーション層112は、媒体を伝送されるべきデータを翻訳し、変換し、圧縮し、伸張する役割を果たす。最後に、アプリケーション層114はユーザに、ネットワークにアクセスし、接続するのに適したインターフェースを提供する。

10

【 0 0 2 0 】

このOSIモデル100は、例えば、図2に示す2つの局120、130の間の伝送に役立てることができる。LDPC符号化を提供する通信システム125の一実施形態が示されており、このシステムは、一実施形態では、無線アドホックネットワーク(IBSS)として構成される。IBSSは、相互に通信し合う局120、130のような802.11局のグループである。実施形態によっては、局120、130は、それぞれ、LDPC符号化および復号を行うための符号器140、160と復号器150、170とを備える。代替として局120、130は、符号器140、160だけ、または復号器150、170だけを備えていてもよい。通信システム125の局120、130は、局120、130の間でデータストリームを送受信する送受信機を備えていてもよく、受信および/または送信用の複数のアンテナを含んでもよい。局120、130は、2つのクライアント局とすることも、クライアント局およびAPとすることもできる。局120、130は必ずしも同数のアンテナを有するとは限らない。局120、130は、それだけに限らないが例えば、時分割多元接続(TDMA)プロトコルや、キャリア検出多重アクセス衝突回避(CSMA/CA)プロトコルや、これらおよび/またはその他のプロトコルの組み合わせなどを使って送信を行うことができる。この例では2局しか設けられていないが、開示するLDPC符号化の原理は、より多くの機器を備えるより大規模なネットワークにも適用することができる。また、LDPC符号化の方法およびシステムのいくつかの実施形態は、基本サービスセット(BSS)として実施されてもよい。BSSは中央アクセスポイント(AP)を有する802.11局のグループである。APは、BSS内の複数の局のための中央アクセスポイントとすることができる。

20

30

【 0 0 2 1 】

実施形態によっては、各局120、130は、LDPC符号化を実行することに加えて通信動作も実施するように構成されたPHY信号プロセッサを備える。通信動作は、符号器/復号器に組み込むこともでき、符号器/復号器とやり取りし合う状態に置くこともできる。すなわち、各PHY信号プロセッサは、単独で、または他の論理もしくは構成要素と組み合わせさせて、様々な実施形態の機能を実施する。LDPC符号化のシステムおよび方法の機能は、無線機として実施されても、他の通信機器として実施されてもよい。そのような通信機器には、コンピュータ(デスクトップ、携帯式、ラップトップなど)、家電機器(マルチメディアプレーヤなど)、互換性を有する遠隔通信機器、携帯情報端末(PDA)、あるいはプリンタ、ファックス機、スキャナ、ハブ、スイッチ、ルータ、セットトップボックス、通信機能を備えるテレビなどといった任意の他の種類のネットワーク機器を含めて、多くの無線通信機器が含まれる。

40

【 0 0 2 2 】

本開示の実施形態は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはこれらの組み合わせとして実施することができる。例示的实施形態では、デジタル伝送システムにおけるLDPC符号化の方法は、メモリに格納され、適切な命令実行システムによって

50

実行されるソフトウェアまたはファームウェアとして実施され得る。代替の実施形態として、ハードウェアで実施される場合、デジタル伝送システムにおけるLDPC符号化の方法は、すべて当分野では公知の、データ信号に対して論理関数を実施する論理ゲートを有する個別論理回路、適切な組み合わせ論理ゲートを有する特定用途向け集積回路(ASIC)、プログラマブルゲートアレイ(PGA)、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)などといった技術のいずれか、またはこれらの組み合わせを用いて実施することができる。

【0023】

LDPC符号化プログラムは、論理関数を実施するための実行可能命令の順序付きリストを備えていてもよく、コンピュータベースのシステム、プロセッサを含むシステムといった命令実行のシステム、装置、または機器、あるいはその命令実行のシステム、装置、または機器から命令を取り出すことのできる他のシステムが使用するための、またはこれらと接続された任意のコンピュータ可読媒体として実施することができる。加えて、本開示の適用範囲には、本開示の例示的实施形態の機能を、ハードウェアまたはソフトウェアで構成された媒体において実施された論理として実施することも含まれる。

【0024】

図3にはPHY層の例102のブロック図が示されている。PHY層102は、物理層収束手順(PLCP)200と物理媒体依存(PMD)202の各副層を含む。PHY層プロセッサは、本明細書に示す例示的实施形態の機能を実行するように構成することができる。

【0025】

図4には、PPDU層の例204のブロック図が示されている。PPDU層204は、MAC層によって要求されるフレームフィールドに加えて、SYNC300、開始フレーム区切り302、信号304、サービス306、長さ308、フレームチェックシーケンス310、および物理層サービスデータユニット312(PSDU)の各フィールドを含む。SYNCフィールド300は、0と1を交互に含み、受信側に、受信可能な信号が存在することを知らせる。受信側は、SYNCフィールド300を検出した後、着信信号との同期化を開始する。開始フレーム区切りフィールド302は、1111001110100000とすることができ、フレームの始めを定義する。信号フィールド304は、その2進値がデータ転送速度を100Kbpsで割ったものに等しい802.11フレームのデータ転送速度を識別する。例えばフィールド304は、1Mbpsでは00001010、2Mbpsでは00010100、以下同様の値を含む。しかしPLCP200は、1Mbpsとされる最低速度で送られてもよい。復調機構はデータ転送速度によって変化し得るため、上記により、受信側が最初に必ず正しい復調機構を使用するようにすることができる。

【0026】

サービスフィールド306は00000000に設定され、802.11規格はこのフィールドを将来使用するために保留にしている。長さフィールド308は、PPDU204の内容を送信するのに要するミリ秒数を表わし、受信側はこの情報を使ってフレームの終わりを判定する。物理層ヘッダの潜在的誤りを検出するために、この規格では、16ビットの巡回冗長検査(CRC)結果を含めるためのフレームチェックシーケンスフィールド310を定義している。またMAC層も、PPDU204の内容に対する誤り検出機能を実行する。PSDUフィールド312は、PPDUの内容(すなわち、送られる実際の802.11フレーム)を表わす。

【0027】

PPDU204、具体的にはPSDUフィールド312は、データフレームが送信されるときの基本パケットデータユニットを含む。「ペイロード」は、パケットが搬送するバイト単位のデータサイズである。送信のために選択された変調速度および符号化速度によって、直交周波数分割多重(OFDM)フレームサイズにパックする必要のある符号化データの量は異なり得る。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

送信の前に、データリンク 1 0 4 で実施された媒体アクセスコントローラ (M A C) が P H Y 1 0 2 に、ペイロードのバイト数、ならびに送信のための所望の変調、符号化、および速度の各パラメータを定義するよう知らせる。次いで、P H Y プロセッサが P P D U 符号化アルゴリズムを実行して、指定の P P D U 送信に使用するための実際のパケット構築パラメータが決定される。各パケットは、パケットごとに異なり得る符号語および O F D M シンボル構造を用いて独立に構成され、送信され、受信され、復号される。

【 0 0 2 9 】

本明細書で開示する実施形態は、シンボル消失、すなわち、不都合な条件の通信路上での 1 つまたは複数の変調シンボルの喪失による誤りを防ぐことができる。各符号語ビットは周波数ドメイン変調シンボルにマップされ、1 組の直交副搬送波 (O F D M) を使い、広帯域通信路を介して送ることができる。例示的实施形態では、各搬送波を個々の通信路としてモデル化することができ、異なる搬送波は異なる通信路特性を有する。したがって、異なる副搬送波上の変調シンボルは異なる通信路条件を受けることになる。広帯域通信路の周波数選択性により、搬送波の中には弱い (好ましくない) ものもあれば、強い (好ましい) ものもある。

【 0 0 3 0 】

通信路の経時変化する性質により、より弱い搬送波の識別を事前に行うことが不可能な場合もある。しかし、本明細書で開示する L D P C 符号は、変調シンボルの完全な消失をもたらすこともあるそのような弱い搬送波の不規則な存在および識別を補償するように設計されている。本明細書で開示する L D P C 符号化の方法およびシステムは、O F D M データ副搬送波の組の一部が通信路によって完全に消去されたときでさえも、データ副搬送波の総数に対する消去された (弱い) 副搬送波の比率が、R を符号化率とする ($1 - R$) 未満である限り、信頼性の高い伝送を生み出す。

【 0 0 3 1 】

通信路の例には、縮退通信路、平坦フェージング通信路、および加法性白色ガウス通信路などが含まれる。縮退通信路は、符号がそこから回復することのできるシンボルより多くのシンボルを消失する。例えば、通信路の $1 / 4$ 超が消失される場合、復号器には、符号化率 $3 / 4$ の符号が符号化率 $R > 1$ の符号として現れる。この場合、復号器は 4 8 6 ビットを、例えば、4 8 6 未満のビットに関する情報だけに基づいて確実に回復することはできない。平坦フェージング通信路は、データ副搬送波の相対利得が、周波数ドメインでは一定であるが、時間ドメインでは必ずしも一定ではない通信路である。言い換えると、すべての副搬送波の強さが同様である。副搬送はすべて、あるときには弱く、あるときには強い。加法性白色ガウス通信路は、データ副搬送波の相対利得が時間および周波数全体にわたって一定であり、加法性受信側雑音を、データ副搬送波全体にわたるガウス確率過程 (G a u s s i a n r a n d o m p r o c e s s) の独立同一分布のサンプルとしてモデル化することができる通信路である。

【 0 0 3 2 】

データ信号は、送信のために P H Y 層 1 0 2 において符号化される。低密度パリティ検査符号 (L D P C C) は、データ信号を符号化するのに使用される長いブロック長を有するブロック符号である。L D P C C は、軟反復復号 (s o f t i t e r a t i v e d e c o d i n g) に復号判定収束 (d e c o d i n g d e c i s i o n c o n v e r g e n c e) を助長させる長いブロック長および符号構造による性能上の優位性を導き出すものである。誤り率性能は、ブロック長および実行される復号反復の回数の増大と共に改善される。

【 0 0 3 3 】

L D P C C ブロックサイズは典型的には O F D M シンボルのビット搬送容量より大きいため、符号化データの複数のシンボルが、送信終了時に、所与の短いフレーム間 (S I F) 待ち時間内で復号される。このため復号器は、送信における最後の O F D M シンボルの受信終了後に、その復号速度を速めることになる。復号器では、送信復号の終了時により

10

20

30

40

50

高いピーク速度で動作する場合、より多くの並列処理（より高い複雑さ）が生じ得る。P P D U 符号化アルゴリズム（符号語連結アルゴリズムともいう）は、復号器のピーク対平均速度要件を最小限にすることができる。これにより、實際上、復号ハードウェアが効率よく使用され、複雑さが最小限に抑えられる。

【0034】

開示の L D P C 符号化（または連結）アルゴリズムは、送信終了時に、復号速度の増加を、パケット送信期間全体にわたる平均速度と比べて最小にすることができるようにする、符号ブロックサイズ適合および符号語短縮のプロセスを含む。L D P C 符号を用いて性能の改善を実現するために、復号プロセスは反復され得る。L D P C 符号は、復号器が用いるプロセスの表現に基づくものである。復号器はこのプロセスを複数の反復にわたって実行し得る。典型的には、これらの符号が提供する性能を実現するために、数回の復号反復が実行される（10回、12回など）。復号器は、多数回の反復をサポートすることができるように設計される。反復回数は、アルゴリズムに組み込まれ、復号器が所与の時間量に実行する作業量を制御するように調整され得る変数である。

【0035】

L D P C C 復号器は、大きな符号ブロックサイズと、大きな最大復号反復回数を短縮されたパケット復号待ち時間で処理するのに必要な並列処理の量とのために、論理複雑度が高い。従来の実施方法は、単一の符号ブロックサイズを有する。P S D U は、整数個の符号ブロックおよび整数個の O F D M シンボルを送信することができるように、必要に応じて、0 パッドビットまたはフィルビットを用いて符号化される。L D P C 符号に必要とされる相対的に大きいブロックサイズ（少なくとも2キロビット）では、0 パディングによる実質速度損失は、特により短いパケット（2キロバイト未満など）では相当大きなものとなり得る。例えば1キロバイトのブロックは、伝送モードによっては、20%またはそれ以上の実質速度の損失を被り、スループット性能に悪影響が生じる。復号待ち時間、よって、複雑度は、必要な復号反復の最大数を減らすことができれば、低減させることができる。

【0036】

ブロック符号は、固定数の情報ビットを固定数のパリティビットと組み合わせたものが系統的に符号ブロックを構成するように構築することができる。符号化率は、単に、情報ビット数を総ブロックサイズで割ったものである。符号は、そのブロック内に1情報ビット当たりより多くのパリティビットがある場合により強力なものになる。符号化率は、パリティビットの数に対していくつの情報ビットが存在するかによって決定される。符号は通常、所与の符号化率では固定されたブロックサイズである。

【0037】

図5に、データブロック402およびパリティ検査ブロック404を含む3つの64Q A M O F D M シンボルとして送信された L D P C 符号ブロック全体400のブロック図を示す。この非限定的例では、ブロック400全体は1944ビット長であり、データブロック402は1458ビットを含み、パリティ検査ブロック404は486ビットを含む。本開示では、高スループット（H T）システムにおいて、例えば、畳み込み符号などの代わりに、高性能誤り検査訂正（E C C）技術として使用され得る L D P C C を説明している。図6の表500に、符号化率、情報ブロック長、および符号語ブロック長の例を示す。

【0038】

3つの利用可能な各符号語ブロック長ごとに、開示の L D P C C は、符号化率1/2、符号化率2/3、符号化率3/4、および符号化率5/6の符号化をサポートする。L D P C C 符号器は系統的である。すなわち、L D P C C 符号器は、 H を $(n - k) \times n$ パリティ検査行列とする場合に、 $H \cdot c^T = 0$ になるような $n - k$ パリティビットを加えることにより、サイズ k の情報ブロック、 $I = (i_0, i_1, \dots, i_{(k-1)})$ を、サイズ n の符号語 c 、 $c = (i_0, i_1, \dots, i_{(k-1)}, p_0, p_1, \dots, p_{(n-k-1)})$ に符号化する。

【0039】

10

20

30

40

50

各パリティ検査行列は、サイズ $Z \times Z$ の正方サブブロック（部分行列）に分割される。これらの部分行列は、単位行列の巡回置換であり、または零部分行列である。巡回置換行列 P_i は、 $Z \times Z$ 単位行列から、各列を右に i 要素だけ循環シフトさせることによって得られる。行列 P_0 は $Z \times Z$ 単位行列である。図 7 に、この例では $i = 0, 1, 5$ とした場合の、巡回置換行列 P_i の（ 8×8 サブブロックサイズでの）例を示す。

【0040】

図 8 には PPDU 符号化パラメータ例の表を示す。この表には、利用可能なビットの数 N_{avbits} が与えられた場合の、整数の LDPC 符号語の数 N_{cw} 、および LDPC 符号語長 L_{LDCP} が示されている。例示的实施形態では、 N_{avbits} が 648 以下である場合、 N_{cw} は 1 であり、 L_{LDCP} は 1296 または 648 である。 N_{avbits} が 648 と 1296 の間に
10
ある場合、 N_{cw} は 1 であり、 L_{LDCP} は 1944 または 1296 である。 N_{avbits} が 1296 と 1944 の間にある場合、 N_{cw} は 1 であり、 L_{LDCP} は 1944 である。 N_{avbits} が 1944 と 2592 の間にある場合、 N_{cw} は 2 であり、 L_{LDCP} は 1944 または 1296 である。 N_{avbits} が 2592 より大きい場合、 N_{cw} は、 $N_{pld} / (1944 \times R)$ 以上の最小の整数値である $ceil(N_{pld} / (1944 \times R))$ であり、 L_{LDCP} は 1944 であり、 N_{pld} は PSDU フィールドおよび SERVICE フィールド内のビットの数である。

【0041】

図 9 は、ブロック長 $n = 648$ ビットにおける符号化率 $3/4$ でのパリティ検査行列の例示的实施形態を表わすものである。表の空きエントリは零（ゼロ）部分行列を表わす。行列中の列は、符号を変化させることなく任意の順序で表すことができる。個々の列の一貫性を維持しつつ列を入れ替えても、符号化操作の出力には影響しない。図 10 は、図 9 に示したものと同様の、ブロック長 $n = 1296$ ビットにおける符号化率 $3/4$ でのパリティ検査行列の行列原型を表わすものである。図 11 は、図 9 および図 10 に示したものと同様の、ブロック長 $n = 1944$ ビットにおける符号化率 $3/4$ でのパリティ検査行列の行列原型を表わすものである。
20

【0042】

図 12 に示すように、LDPC 符号化の方法 2000 は、ブロック 2010 ~ ブロック 2070 として順次実行される。ブロック 2010 で、図 4 のバケット 400 のデータフィールド 402 が適合し得る最小限の数の OFDM シンボルにおいて利用可能なビットの
30
数が求められ、その場合、

$$N_{pld} = (length \times 8) + 16$$

$$N_{avbits} = N_{CBPS} \times (1 + U_{STBC}) \times ceil(N_{pld} / (N_{CBPS} \times R \times (1 + U_{STBC})))$$

である。

【0043】

U_{STBC} は、空間時間ブロック符号（STBC）が使用されるときには 1、そうでないときは 0 であり、 N_{CBPS} は 1 OFDM シンボル当たりの符号化ビットの数であり、 $length$ は高スループット信号フィールドにおける長さフィールドの値である。ブロック 20
40
20 で、図 6 の表 500 を使って、送信すべき LDPC 符号語の整数の数 N_{cw} および使用すべき符号語の長さ L_{LDCP} が求められる。ブロック 2030 で、符号化の前に N_{pld} データビットにパディングすべき短縮ビットの数が求められ、

$$N_{shrt} = (N_{cw} \times L_{LDCP} \times R) - N_{pld}$$

である。

【0044】

短縮ビットはすべての N_{cw} 符号語にわたって等しく分散され、最初の $rem(N_{shrt}, N_{cw})$ 符号語は、残りの符号語より 1 ビット多く短縮され、 $rem(N_{shrt}, N_{cw})$ は、 N_{shrt} を N_{cw} で割ったときの余りを指す。すべての短縮ビットは、パリティ検査行列内のその場所に対応する符号語の系統的部分においてデータビットの右側が 0 に設定される。
50

ブロック 2035 で、これらの短縮ビットが、ブロック 2060 で符号化するために分散される。

【0045】

ブロック 2040 で、符号化の後で符号語からパンクチャすべきビットの数が求められ、

$$N_{\text{punc}} = \max(0, (N_{\text{cw}} \times L_{\text{LDCP}}) - N_{\text{avbits}} - N_{\text{shrt}})$$

である。

$$((N_{\text{punc}} > 0.1 \times N_{\text{cw}} \times L_{\text{LDCP}} \times (1 - R)))$$

かつ

$$(N_{\text{shrt}} < 1.2 \times N_{\text{punc}} \times R / (1 - R))$$

が真である場合、または

$$(N_{\text{punc}} > 0.3 \times N_{\text{cw}} \times L_{\text{LDCP}} \times (1 - R))$$

が真である場合、 N_{avbits} が増大され、 N_{punc} が次式により再計算される。

$$N_{\text{avbits}} = N_{\text{avbits}} + N_{\text{CBPS}} \times (1 + U_{\text{STBC}})$$

$$N_{\text{punc}} = \max(0, (N_{\text{cw}} \times L_{\text{LDCP}}) - N_{\text{avbits}} - N_{\text{shrt}})$$

式中、 N_{CBPS} は 1 OFDM シンボル当たりの符号化ビットの数である。

【0046】

ブロック 2045 で、パンクチャビットがすべての N_{cw} 符号語にわたって等しく分散され、最初の $\text{rem}(N_{\text{punc}}, N_{\text{cw}})$ 符号語は残りの符号語より 1 ビット多くパンクチャされる。これらのパンクチャビットは、パリティ検査行列内のその場所に対応する符号語の右端のパリティ部分とすることができ、符号化の後で廃棄され得る。PPDU 内の送信すべき OFDM シンボルの数は、式 $N_{\text{SYM}} = N_{\text{avbits}} / N_{\text{CBPS}}$ によって計算することができる。

【0047】

ブロック 2050 で、反復すべき符号語の数 N_{rep} が求められ、 $N_{\text{rep}} = \max(0, N_{\text{avbits}} - N_{\text{cw}} \times L_{\text{LDCP}} \times (1 - R) - N_{\text{pld}})$ である。ブロック 2055 で、反復すべき符号化ビットの数がすべての N_{cw} 符号語にわたって等しく分散され、最初の $\text{rem}(N_{\text{rep}}, N_{\text{cw}})$ 符号語は残りの符号語より 1 多い反復ビットを含み、 $\text{rem}(N_{\text{shrt}}, N_{\text{cw}})$ は N_{shrt} を N_{cw} で割ったときの余りを指す。パンクチャリングが行われるとき、符号化ビットは反復されない。符号語ごとの反復すべき符号化ビットは、左端の系統的データビットから、必要な場合にはパリティビットまで続けて、パリティ検査行列内のその場所に対応してコピーされる（必要なときには循環して反復される）ものとする。その場合これらの反復ビットは、それと同じ順序でパリティビットの後で符号語に連結される。

【0048】

ブロック 2060 で、データは、LDPC 符号器シーケンスを使用し、図 7 ~ 図 15 のパリティ検査行列、ブロック 2030 で計算した符号語ごとの短縮ビットの数、ブロック 2040 およびブロック 2050 で計算した符号語ごとのパンクチャビットまたは反復ビットの数を使用して符号化される。ブロック 2065 では、ブロック 2060 の符号化の後で、短縮ビットおよびパンクチャビットが廃棄される。ブロック 2070 で、すべての符号語が集約され、次いで LDPC パーサを用いて構文解析される。

【0049】

符号化プロセスから生じる LDPC の短縮符号語およびパンクチャ符号語は、符号化された各符号語の系統的部分の第 i_0 ビットから順次に出力される。この符号化データストリームの空間ストリームへの構文解析は、バイノーラルキュー符号化 (binaural cue coding) (BCC) 符号器のために定義された構文解析規則に従う。

【0050】

流れ図内のすべてのプロセス記述またはブロックは、プロセス内の特定の論理関数またはステップを実施するための 1 つまたは複数の実行可能命令を含むモジュール、セグメント、または符号の部分を表わすものとして理解すべきであり、本開示の例示的实施形態の適用範囲内には、当分野の技術者には理解されるはずであるように、各機能が、関与する

10

20

30

40

50

機能に応じて、実質的に同時または逆の順序を含めて、図示し、または論じた順序以外の順序で実行される代替の実施方法も含まれる。

【0051】

短縮は、例えば、(k対n)クックブックなどを使って、いくつかの情報ビットを、送信されない既知のビット値、例えば、「0」などに固定することによって、大サイズのメッセージを符号化して小サイズのメッセージにすることを含む。これらのビットを短縮ビットと呼ぶこともできる。符号化率は実際上このようにして低減される。これらの短縮ビットは、符号器および復号器によって知られている。そのため復号器は、情報が送信されなくても、すでに情報の一部を完全に知っており、結果としてより有効な符号化が行われる。これは、情報ビットを既知の値に事前定義し、それらのビットを送信しないということである。受信側において復号器は、復号器がすでにその知識を有するビットを単に充てんするだけである。本明細書で開示する短縮アルゴリズムは、どんなサイズのペイロードデータにも適用可能である。

10

【0052】

それだけに限らないが例えば、(n, k) = (8, 4)の系統的符号をベースコードとする場合には、4つのメッセージビット(m1, m2, m3, m4)が、8つの符号語ビット(m1, m2, m3, m4, p1, p2, p3, p4)に符号化され、その場合、p1, p2, p3, p4はパリティビットであり、メッセージビット(m1, m2, m3, m4)の関数である。ベースコードが6ビットのメッセージ(m1, m2, m3, m4, m5, m6)に適用される場合、最初の4ビットを符号化することができ、(m1, m2, m3, m4, p1, p2, p3, p4)がもたらされる。(m5, m6)を符号化するには、2つ余分のビットが必要であり、そのため、2つの短縮ビットm7およびm8が用いられ、0に設定される。したがって、m5およびm6は(m5, m6, 0, 0, p5, p6, p7, p8)に符号化される。しかし、この2つの0は、復号器が短縮アルゴリズムに従うので、送信されない。この例では、6ビットを送信するのに2つの符号語が必要とされ、第1の符号語は8ビットの正規の符号語であり、第2の符号語は6ビットの短縮符号語である。

20

【0053】

代替の実施形態は、m4およびm8を0に設定することを含む。すなわち、(m1, m2, m3, p1, p2, p3, p4)および(m5, m6, m7, p5, p6, p7, p8)になる。この実施形態では、2つの符号語が平衡化される。短縮が行われた後で符号語の平衡化を達成するために、パンクチャリングが行われる。パンクチャリングは、符号語の右端パリティ部分から行われる。よって上記の例では、各符号語から1ビットずつパンクチャすべきである場合、p4およびp8がパンクチャされる。この場合第1の符号語は(m1, m2, m3, p1, p2, p3)になり、第2の符号語は(m5, m6, m7, p6, p7)になる。

30

【0054】

1つの例示的实施形態において、1500データビットのPSDUが非STBCシナリオで送信されることになっており、各OFDMシンボルは、符号化率3/4のLDPC符号器を用いて符号化された $N_{CBPS} = 208$ 符号化ビットを含むものとする。したがって、ペイロードビットの総数は、 $N_{pld} = 1500 + 16 = 1516$ になる。符号化を設定するために、まず、 N_{avbits} が、 $N_{avbits} = (N_{CBPS}) \times \text{ceil}(N_{pld} / (N_{CBPS} \times R)) = 2080$ として計算される。 N_{avbits} は1944より大きく、2592より小さいため、図7より、符号語の数は $N_{cw} = 2$ である。さらに、 N_{avbits} は $N_{pld} + 2916$ ($(1 - R) = 2245$ より小さいため、符号語長は $L_{LDPC} = 1296$ ビットである。短縮ビットの数は、 $N_{shrt} = 2 \times 1296 \times (3/4) - 1516 = 428$ として計算される。これは、2つの符号語がそれぞれ $428 / 2 = 214$ 短縮ビットを用いて符号化されることを示す。その場合、パンクチャビットの数は、 $N_{punc} = \max(0, (N_{cw} \times L_{LDPC}) - N_{avbits} - N_{shrt})$ を使って計算され、 N_{CBPS} は1OFDMシンボル当たりの符号化ビットの数であり、よって $N_{punc} = 84$ になる。これは、2つの符号語がそれぞれ84 /

40

50

2 = 4 2 ビットのパンクチャリングを受けることを示す。

【 0 0 5 5 】

したがって、1 5 1 6 ビットの着信メッセージは2つの7 5 8 ビットのグループに分けられる。次いで、各グループに2 1 4 の「0 ビット」が付加されて、1 2 9 6 ビットのメッセージ語が生成される。次いで、1 2 9 6 ビットのメッセージがそれぞれ1 2 9 6 ビットの符号語を使って符号化される。短縮ビット（それぞれから2 1 4 ずつ）が廃棄されて、2つの1 0 8 2 ビットの短縮符号語が生じる。次いで、各符号語が4 2 ビットずつパンクチャされて、1 0 4 0 ビットの最終的な符号語が生成される。送信すべきOFDMシンボルの数は、 $N_{SYM} = N_{avbits} / N_{CBPS} = 10$ として計算される。各符号語は5 OFDMシンボルを占める。

10

【 0 0 5 6 】

1 OFDMシンボル当たりのビット数および整数個のOFDMシンボルという制約条件がない場合、符号化率3 / 4の符号器による1 5 1 6 ビットの符号化は、2 0 2 2 ビットを生じるはずである。この例示的实施形態は、ある範囲のパケットバイト値について最小限の冗長性を加えることにより最小限の通信路専有（OFDMシンボル）を生じさせることになり、この追加の冗長性は1 OFDMシンボル当たり6 ビット未満である。

【 0 0 5 7 】

1つの例示的实施形態では、3つの別個のブロック長を有するLDPC符号を利用して、パケットのデータをLDPCモードで符号化することができる。3つのブロック長すべてが必ずしもすべてのパケットに使用されとは限らない。一実施形態では、6 4 8 ビットの符号語を最短のブロック長としてもよい。一実施形態では、各ブロック長ごとに4つの符号化率があってもよい。符号化率3 / 4の符号化では、本明細書で開示するデジタル伝送システムにおけるLDPC符号化の方法の例示的实施形態は、例えば、4 8 6 データビットを6 4 8 符号化ビットに符号化する。LDPCモードでは、4 8 6 以下のビットを有するデータバーストを、この方法を使って効果的に符号化することができる。またこの方法は、パケット長によっては、パケットの終わりの符号化に使用することもできる。

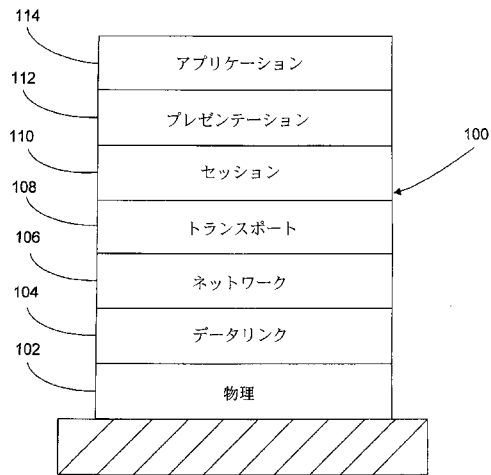
20

【 0 0 5 8 】

以上の本開示の実施形態は、単なる可能な実施方法の例にすぎず、本開示の原理を明確に理解するために示すにすぎないことを強調しておく必要がある。前述の本開示の実施形態には、本開示の精神および原理から大きく逸脱することなく、多くの変形および変更を加えることができる。かかるすべての変形および変形は、本開示の範囲内に含まれ、添付の特許請求の範囲によって保護されるべきものである。

30

【図 1】



【図 2】

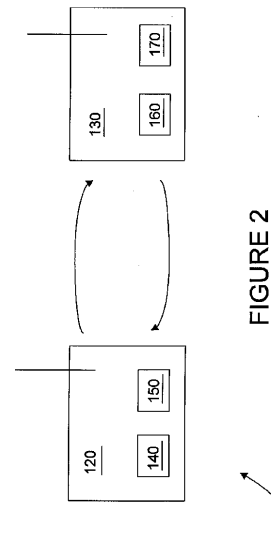


FIGURE 2

【図 3】

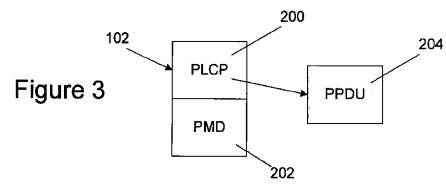
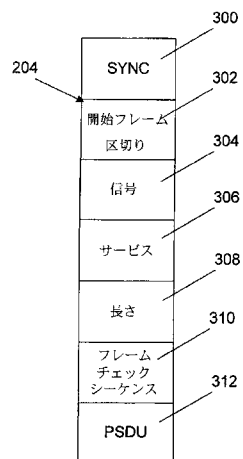
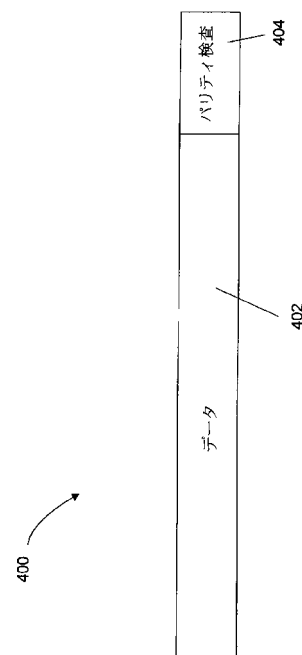


Figure 3

【図 4】



【図 5】



【図 6】

500

符号化率 (R)	LDPC 情報ブロック長 (ビット)	LDPC 符号語ブロック長 (ビット)
1/2	972	1944
1/2	648	1296
1/2	324	648
2/3	1296	1944
2/3	864	1296
2/3	432	648
3/4	1458	1944
3/4	972	1296
3/4	486	648
5/6	1620	1944
5/6	1080	1296
5/6	540	648

【図 7】

$P_0 =$	$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
$P_1 =$	$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
$P_2 =$	$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

Figure 7

【図 8】

N_{data} 範囲 (ビット)	LDPC符号語の数 N_{sp}	LDPC符号語長 L_{spcc} (ビット)
$N_{\text{data}} \leq 648$	1	1296, if $N_{\text{data}} \geq N_{\text{min}} + 912 \times (1 - R)$ 548, otherwise
$648 < N_{\text{data}} \leq 1296$	1	1944, if $N_{\text{data}} \geq N_{\text{min}} + 1464 \times (1 - R)$ 1296, otherwise
$1296 < N_{\text{data}} \leq 1944$	1	1944
$1944 < N_{\text{data}} \leq 2592$	2	1944, if $N_{\text{data}} \geq N_{\text{min}} + 2916 \times (1 - R)$ 1296, otherwise
$2592 < N_{\text{data}}$	$\text{ceil}(N_{\text{data}} / (1944 \times R))$	1944

【図 9】

16	17	22	24	9	3	14	-	4	2	7	-	28	-	2	-	21	-	1	0	-	-	-
25	12	12	3	3	26	6	21	-	15	22	-	15	-	4	-	-	16	-	0	0	-	-
25	18	26	16	22	23	9	-	0	-	4	-	4	-	8	23	11	-	-	0	0	-	-
9	7	0	1	17	-	-	7	3	-	3	23	-	16	-	-	21	-	0	-	0	-	-
24	5	26	7	1	-	-	15	24	15	-	8	-	13	-	13	-	11	-	-	-	0	0
2	2	18	14	24	11	5	10	-	21	-	2	-	24	-	3	-	2	1	-	-	-	0

Figure 9

【図 10】

7	-	-	-	20	-	50	34	-	-	33	38	41	45	39	19	8	46	1	0	-	-	-
-	41	0	-	-	25	-	14	-	11	44	11	35	41	14	17	40	50	-	0	-	-	-
-	32	-	38	-	31	-	-	32	33	16	4	1	43	0	13	20	45	-	0	0	-	-
-	-	13	-	-	10	-	30	32	0	36	29	26	1	39	23	36	0	-	0	0	-	-
-	-	38	27	45	-	30	-	-	-	47	3	6	43	8	36	53	16	-	-	0	0	-
11	-	-	-	44	10	-	27	3	-	24	1	14	16	21	41	11	0	1	-	-	-	0

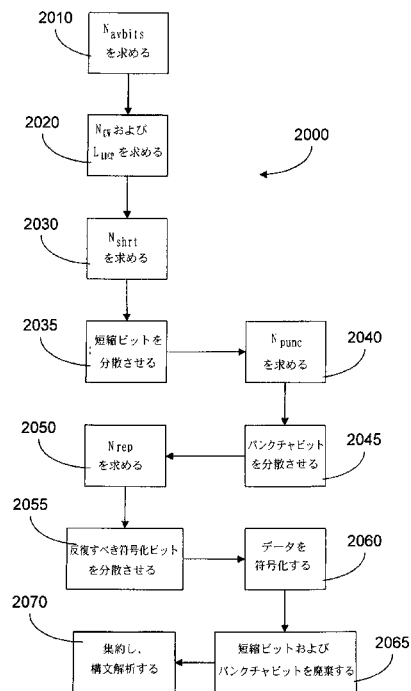
Figure 10

【図 11】

-	8	-	-	50	-	51	53	-	36	-	40	20	25	39	3	71	74	1	0	-	-	-
-	-	29	17	25	-	-	-	16	-	29	23	43	10	44	6	12	61	-	0	0	-	-
-	37	-	63	-	57	3	-	-	13	54	55	45	55	49	54	22	57	-	0	0	-	-
-	-	45	-	12	-	72	-	20	-	77	49	45	19	19	63	78	4	0	-	0	0	-
13	-	36	-	-	28	-	0	13	-	0	2	65	66	32	7	55	-	-	0	0	-	0
12	-	-	1	-	31	-	26	-	49	-	32	26	73	51	49	9	53	1	-	-	-	0

Figure 11

【図 12】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US 08/54241

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(8) - H03M 13/00 (2008.04)

USPC - 714/752

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
USPC: 714/752Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
USPC: 714/752, 699, 746; 375/240.27; 455/3.01; 370/484, 333; 342/420; 379/14.01

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

PubWEST: (PGPB,USPT,EPAB,JPAB); Google Scholar

Search Terms: low density parity check code, LDPCC, orthogonal frequency division multiplex, OFDM, codeword, code-word, code word, integer, number, bit, code length, word length, LDPCC length, low density parity check, LDPC, short, shorten, puncture, encode, encoder, decode

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2007/0041458 A1 (HOCEVAR et al.) 22 February 2007 (22.02.2007), abstract and para [0021]-[0022], [0027]-[0028], [0041], [0049], [0052], [0063], [0069]-[0073], [0075]-[0076], [0082], [0084]-[0087].	1-21
A	US 2008/0218459 A1 (HEDBERG) 28 September 2006 (28.09.2006), entire document, especially abstract and para [0009]-[0011], [0026]-[0032], [0038]-[0052], [0058]-[0066], [0069].	1-21

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 July 2008 (16.07.2008)

Date of mailing of the international search report

22 JUL 2008

Name and mailing address of the ISA/US

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents
P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450
Facsimile No. 571-273-3201

Authorized officer:

Lee W. Young

PCT Helpdesk: 571-272-4300
PCT OSP: 571-272-7774

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2007)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1 . B l u e t o o t h

(72)発明者 コース、 センク

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 2 1 2 2 サンディエゴ アベニダ ナビダド 7 9 7 5
アパートメント 3 2 3

Fターム(参考) 5J065 AD01 AD07 AH01