

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6125724号  
(P6125724)

(45) 発行日 平成29年5月10日(2017.5.10)

(24) 登録日 平成29年4月14日(2017.4.14)

(51) Int.Cl.

H04L 1/00 (2006.01)  
H03M 13/47 (2006.01)

F 1

H04L 1/00  
H03M 13/47

B

請求項の数 25 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2016-519537 (P2016-519537)  
 (86) (22) 出願日 平成26年6月2日 (2014.6.2)  
 (65) 公表番号 特表2016-521949 (P2016-521949A)  
 (43) 公表日 平成28年7月25日 (2016.7.25)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2014/040471  
 (87) 國際公開番号 WO2014/200746  
 (87) 國際公開日 平成26年12月18日 (2014.12.18)  
 審査請求日 平成28年7月21日 (2016.7.21)  
 (31) 優先権主張番号 61/834,122  
 (32) 優先日 平成25年6月12日 (2013.6.12)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)  
 (31) 優先権主張番号 14/292,359  
 (32) 優先日 平成26年5月30日 (2014.5.30)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 595020643  
 クアアルコム・インコーポレイテッド  
 QUALCOMM INCORPORATED  
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92  
 121-1714、サン・ディエゴ、モア  
 ハウス・ドライブ 5775  
 (74) 代理人 100108855  
 弁理士 蔵田 昌俊  
 (74) 代理人 100109830  
 弁理士 福原 淑弘  
 (74) 代理人 100158805  
 弁理士 井関 守三  
 (74) 代理人 100194814  
 弁理士 奥村 元宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ファウンテンコードを中継するための次数低減および次数条件付き結合

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

パケットを中継する方法であって、  
 少なくとも 1 つのパケットを受信することと、  
 前記少なくとも 1 つのパケットの次数を低減することと、前記少なくとも 1 つのパケットの前記次数が、前記少なくとも 1 つのパケットを作成するために使用されたネイティブパケットの数を備え、前記次数の前記低減は、同じ同値類に属する前記少なくとも 1 つのパケットの 2 つのネイティブパケットの任意の組合せを削除することを含む、  
前記低減された次数に基づいて前記少なくとも 1 つのパケットを処理することと、前記処理することが、前記少なくとも 1 つの次数低減パケットに基づいて同値類を更新することを備える、

結合パケットを生成することと、前記生成することが、前記低減された次数と前記処理済みパケットの各々の重みとにに基づいて、前記少なくとも 1 つの処理済みパケットを少なくとも 1 つの他の処理済みパケットと結合することを備える、

前記結合パケットを送信することと  
 を備える、方法。

## 【請求項 2】

前記受信された少なくとも 1 つのパケットが、ファウンテンコードを使用して符号化される、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 3】

10

前記低減することが、

ネイティブパケットの復号セットに属する前記少なくとも1つのパケットのすべてのネイティブパケットを削除すること

をさらに備える、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

同値類がネイティブパケットのセットを備え、ここにおいて、前記同値類中の任意の2つのネイティブパケットの排他的論理和演算が、次数2処理済みパケットに対して排他的論理和演算を実行することによって生成され得る、請求項3に記載の方法。

【請求項5】

前記処理することが、

前記少なくとも1つのパケットの前記低減された次数を決定することを備え、

前記少なくとも1つのパケットの前記低減された次数が1に等しいとき、前記処理することが、

前記少なくとも1つの次数低減パケットで前記復号セットを更新することと、

信念伝搬に基づいて前記復号セットを更新することと、

をさらに備える、請求項3に記載の方法。

【請求項6】

前記結合パケットを前記生成することが、

前記結合パケットのためのターゲット次数を決定することと、

前記少なくとも1つのパケットの各パケットに割り当てられた重みに基づいて、前記ターゲット次数よりも小さいかまたはそれに等しい次数を有する少なくとも1つの次数低減パケットを選択することと、

前記結合パケットを生成するために前記少なくとも1つの選択された次数低減パケットの各々を結合することと

をさらに備える、請求項5に記載の方法。

【請求項7】

前記少なくとも1つの次数低減パケットは、選択されたパケットのそれぞれの次数の和が前記ターゲット次数に等しくなるまで、または最大回数の選択が行われるまで選択される、請求項6に記載の方法。

【請求項8】

前記結合パケット中のネイティブパケットをネイティブパケットの前記復号セットからの別のネイティブパケットと交換することと、

前記結合パケット中の任意のネイティブパケットを、同じ同値類に属する別のネイティブパケットと交換することと

を備える、前記結合パケットを多様化させることをさらに備える、請求項6に記載の方法。

【請求項9】

パケットを中継するための装置であって、

少なくとも1つのパケットを受信するための手段と、

前記少なくとも1つのパケットの次数を低減するための手段と、前記少なくとも1つのパケットの前記次数が、前記少なくとも1つのパケットを作成するために使用されたネイティブパケットの数を備え、前記次数を低減するための前記手段は、同じ同値類に属する前記少なくとも1つのパケットの2つのネイティブパケットの任意の組合せを削除するよう構成される、

前記低減された次数に基づいて前記少なくとも1つのパケットを処理するための手段と、前記処理するための手段が、前記少なくとも1つの次数低減パケットに基づいて同値類を更新することを行うように構成される、

結合パケットを生成するための手段と、生成するための前記手段が、前記低減された次数と前記処理済みパケットの各々の重みとに基づいて、前記少なくとも1つの処理済みパケットを少なくとも1つの他の処理済みパケットと結合するように構成された、

10

20

30

40

50

前記結合パケットを送信するための手段と  
を備える、装置。

【請求項 1 0】

前記受信された少なくとも 1 つのパケットが、ファウンテンコードを使用して符号化さ  
れる、請求項 9 に記載の装置。

【請求項 1 1】

低減するための前記手段が、

ネイティブパケットの復号セットに属する前記少なくとも 1 つのパケットのすべてのネ  
イティブパケットを削除すること

を行うようにさらに構成された、請求項 9 に記載の装置。

10

【請求項 1 2】

同値類がネイティブパケットのセットを備え、ここにおいて、前記同値類中の任意の 2  
つのネイティブパケットの排他的論理和演算が、次数 2 処理済みパケットに対して排他的  
論理和演算を実行することによって生成され得る、請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 3】

処理するための前記手段が、

前記少なくとも 1 つのパケットの前記低減された次数を決定することを行うように構成  
され、

前記少なくとも 1 つのパケットの前記低減された次数が 1 に等しいとき、処理するため  
の前記手段が、

20

前記少なくとも 1 つの次数低減パケットで前記復号セットを更新することと、

信念伝搬に基づいて前記復号セットを更新することと、

を行うようにさらに構成された、請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 4】

前記結合パケットを生成するための前記手段が、

前記結合パケットのためのターゲット次数を決定することと、

前記少なくとも 1 つのパケットの各パケットに割り当てられた重みに基づいて、前記タ  
ーゲット次数よりも小さいかまたはそれに等しい次数を有する少なくとも 1 つの次数低減  
パケットを選択することと、

前記結合パケットを生成するために前記少なくとも 1 つの選択された次数低減パケット  
の各々を結合することと

30

を行うようにさらに構成された、請求項 1 3 に記載の装置。

【請求項 1 5】

前記少なくとも 1 つの次数低減パケットは、選択されたパケットのそれぞれの次数の和  
が前記ターゲット次数に等しくなるまで、または最大回数の選択が行われるまで選択され  
る、請求項 1 4 に記載の装置。

【請求項 1 6】

前記結合パケット中のネイティブパケットをネイティブパケットの前記復号セットから  
の別のネイティブパケットと交換することと、

前記結合パケット中の任意のネイティブパケットを、同じ同値類に属する別のネイテ  
イブパケットと交換することと

40

を行うように構成された、前記結合パケットを多様化させるための手段をさらに備える  
、請求項 1 4 に記載の装置。

【請求項 1 7】

パケットを中継するための装置であって、

メモリと、

前記メモリに結合された少なくとも 1 つのプロセッサと

を備え、前記少なくとも 1 つのプロセッサが、

少なくとも 1 つのパケットを受信することと、

前記少なくとも 1 つのパケットの次数を低減することと、前記少なくとも 1 つのパケ

50

ットの前記次数が、前記少なくとも1つのパケットを作成するために使用されたネイティブパケットの数を備え、前記次数の前記低減は、同じ同値類に属する前記少なくとも1つのパケットの2つのネイティブパケットの任意の組合せの削除を含む、

前記低減された次数に基づいて前記少なくとも1つのパケットを処理することと、前記処理することが、前記少なくとも1つの次数低減パケットに基づいて同値類を更新することを備える、

結合パケットを生成することと、ここにおいて、生成するように構成された前記少なくとも1つのプロセッサが、前記低減された次数と前記処理済みパケットの各々の重みとに基づいて、前記少なくとも1つの処理済みパケットを少なくとも1つの他の処理済みパケットと結合するようにさらに構成された、10

前記結合パケットを送信することと

を行うように構成された、装置。

【請求項18】

前記受信された少なくとも1つのパケットが、ファウンテンコードを使用して符号化される、請求項17に記載の装置。

【請求項19】

低減するように構成された前記少なくとも1つのプロセッサが、

ネイティブパケットの復号セットに属する前記少なくとも1つのパケットのすべてのネイティブパケットを削除すること

を行うようにさらに構成された、請求項17に記載の装置。20

【請求項20】

同値類がネイティブパケットのセットを備え、ここにおいて、前記同値類中の任意の2つのネイティブパケットの排他的論理和演算が、次数2処理済みパケットに対して排他的論理和演算を実行することによって生成され得る、請求項19に記載の装置。

【請求項21】

処理するように構成された前記少なくとも1つのプロセッサが、

前記少なくとも1つのパケットの前記低減された次数を決定することを行うようにさらに構成され、

前記少なくとも1つのパケットの前記低減された次数が1に等しいとき、処理するように構成された前記少なくとも1つのプロセッサが、30

前記少なくとも1つの次数低減パケットで前記復号セットを更新することと、

信念伝搬に基づいて前記復号セットを更新することと、

を行うようにさらに構成された、請求項19に記載の装置。

【請求項22】

前記結合パケットを生成するように構成された前記少なくとも1つのプロセッサが、

前記結合パケットのためのターゲット次数を決定することと、

前記少なくとも1つのパケットの各パケットに割り当てられた重みに基づいて、前記ターゲット次数よりも小さいかまたはそれに等しい次数を有する少なくとも1つの次数低減パケットを選択することと、

前記結合パケットを生成するために前記少なくとも1つの選択された次数低減パケットの各々を結合することと

を行うようにさらに構成された、請求項21に記載の装置。40

【請求項23】

前記少なくとも1つの次数低減パケットは、選択されたパケットのそれぞれの次数の和が前記ターゲット次数に等しくなるまで、または最大回数の選択が行われるまで選択される、請求項22に記載の装置。

【請求項24】

前記少なくとも1つのプロセッサが、

前記結合パケットを多様化させることを行うようにさらに構成され、ここにおいて、多様化させるように構成された前記少なくとも1つのプロセッサが、50

前記結合パケット中のネイティブパケットをネイティブパケットの前記復号セットからの別のネイティブパケットと交換することと、

前記結合パケット中の任意のネイティブパケットを、同じ同値類に属する別のネイティブパケットと交換することと

を行うようにさらに構成された、請求項2\_2に記載の装置。

【請求項2\_5】

コンピュータ実行可能コードを含むコンピュータ可読媒体であって、

少なくとも1つのパケットを受信し、

前記少なくとも1つのパケットの次数を低減し、前記少なくとも1つのパケットの前記次数が、前記少なくとも1つのパケットを作成するために使用されたネイティブパケットの数を備え、前記次数の前記低減は、同じ同値類に属する前記少なくとも1つのパケットの2つのネイティブパケットの任意の組合せを削除することを含む、

前記低減された次数に基づいて前記少なくとも1つのパケットを処理し、前記処理することが、前記少なくとも1つの次数低減パケットに基づいて同値類を更新することを備える、

結合パケットを生成し、前記生成が、前記低減された次数と前記処理済みパケットの各々の重みとに基づいて、前記少なくとも1つの処理済みパケットを少なくとも1つの他の処理済みパケットと結合することを備える、

前記結合パケットを送信する

ためのコードを備える、コンピュータ可読媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

[0001]本出願は、その全体が参照により本明細書に明確に組み込まれる、2013年6月12日に出願された「DEGREE REDUCTION AND DEGREE-CONSTRAINED COMBINING FOR RELAYING A FOUNTAIN CODE」と題する米国仮出願第61/834,122号、および2014年5月30日に出願された「DEGREE REDUCTION AND DEGREE-CONSTRAINED COMBINING FOR RELAYING A FOUNTAIN CODE」と題する米国非仮出願第14/292,359号の利益を主張する。

【0002】

[0002]本開示は、一般に通信システムに関し、より詳細には、次数低減(degree reduction)と次数条件付き結合(degree-constrained combining)とを使用してファウンテンコード(fountain code)を中継するための方法および装置に関する。

【背景技術】

【0003】

[0003]専用短距離通信(DSRC:dedicated short-range communication)は、通信ベースのアクティブ安全アプリケーションにおいて重要な極めて速いデータ送信を可能にする2方向短距離ワイヤレス通信能力である。たとえば、DSRCは、車両環境内ワイヤレスアクセス(WAVE:wireless access in vehicular environment)を追加し、インテリジェントトランスポートシステム(ITS:Intelligent Transportation Systems)アプリケーションをサポートし得る、IEEE802.11p規格を使用して実装され得る。

【0004】

[0004]DSRCは、メッセージを送信および受信するために車両によって使用され得るメッセージフォーマット(たとえば、基本安全メッセージ(BSM:basic safety message)フォーマット)を含む。たとえば、車両は、その位置、速度および他の属性を他の車両に定期的に告知するためにBSMを送信し得る。他の車両は、次いで、BSMを受信し、送信車両の位置を追跡し得、したがって、衝突を回避し、交通流を改善し得る。

【0005】

10

20

30

40

50

[0005] D S R C はまた、車両が、路側警報メッセージを通して緊急情報を受信するため に路側ユニット ( R S U : roadside unit ) と通信することを可能にし得る。車両は、危険な道路状態または警察活動など、公共安全情報を検出するために、 R S U からの路側警報メッセージに主に依拠し得る。

【発明の概要】

【0006】

[0006] 本開示の一態様では、方法、コンピュータプログラム製品、および装置が提供さ れる。本装置は、少なくとも 1 つのパケットを受信し、少なくとも 1 つのパケットの次数 を低減する。本装置は、さらに、低減された次数に基づいて少なくとも 1 つのパケットを 处理し、低減された次数と処理済みパケットの各々の重みとにに基づいて、少なくとも 1 つ の処理済みパケットを少なくとも 1 つの他の処理済みパケットと結合することによって結合 パケットを生成する。その後、本装置は結合パケットを送信 / ブロードキャストする。 10

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図 1】 [0007] 通信システムを示す図。

【図 2】 [0008] 通信システムの例示的な実装形態の図。

【図 3】 [0009] ファウンテンコードを中継するためのネットワークを示す図。

【図 4】 [0010] パケットを中継する方法のフローチャート。

【図 5】 [0011] 例示的な装置における異なるモジュール / 手段 / 構成要素間のデータフロー を示す概念データフロー図。 20

【図 6】 [0012] 処理システムを採用する装置のためのハードウェア実装形態の一例を示す 図。

【発明を実施するための形態】

【0008】

[0013] 添付の図面に関して以下に示す発明を実施するための形態は、様々な構成を説明 するものであり、本明細書で説明する概念が実施され得る唯一の構成を表すものではない。 発明を実施するための形態は、様々な概念の完全な理解を与えるための具体的な詳細を 含む。ただし、これらの概念はこれらの具体的な詳細なしに実施され得ることが当業者には 明らかであろう。いくつかの例では、そのような概念を不明瞭にしないように、よく知 られている構造および構成要素をブロック図の形式で示す。 30

【0009】

[0014] 次に、様々な装置および方法に関して通信システムのいくつかの態様を提示する。 これらの装置および方法を、以下の発明を実施するための形態において説明し、(「要素」と総称される) 様々なブロック、モジュール、構成要素、回路、ステップ、プロセス、 アルゴリズムなどによって添付の図面に示す。これらの要素は、電子ハードウェア、コンピュータソフトウェア、またはそれらの任意の組合せを使用して実装され得る。そのような要素がハードウェアとして実装されるか、ソフトウェアとして実装されるかは、特定の適用例および全体的なシステムに課される設計制約に依存する。

【0010】

[0015] 例として、要素、または要素の任意の部分、または要素の任意の組合せは、1 つ または複数のプロセッサを含む「処理システム」を用いて実装され得る。プロセッサの例 としては、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、デジタル信号プロセッサ ( D S P )、フィールドプログラマブルゲートアレイ ( F P G A )、プログラマブル論理デバイス ( P L D )、状態機械、ゲート論理、個別ハードウェア回路、および本開示全体にわたって説明する様々な機能を実行するように構成された他の好適なハードウェアがある。 処理システム中の 1 つまたは複数のプロセッサはソフトウェアを実行し得る。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 言語などの名称にかかわらず、命令、命令セット、コード、コードセグメント、プログラ ムコード、プログラム、サブプログラム、ソフトウェアモジュール、アプリケーション、 ソフトウェアアプリケーション、ソフトウェアパッケージ、ルーチン、サブルーチン、オ 40

プロジェクト、実行ファイル、実行スレッド、プロシージャ、関数などを意味すると広く解釈されたい。

【0011】

[0016]したがって、1つまたは複数の例示的な実施形態では、説明する機能は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはそれらの任意の組合せで実装され得る。ソフトウェアで実装される場合、機能は、コンピュータ可読媒体上に記憶されるか、あるいはコンピュータ可読媒体上に1つまたは複数の命令またはコードとして符号化され得る。コンピュータ可読媒体はコンピュータ記憶媒体を含む。記憶媒体は、コンピュータによってアクセスされ得る任意の利用可能な媒体であり得る。限定ではなく例として、そのようなコンピュータ可読媒体は、RAM、ROM、EEPROM（登録商標）、CD-ROMまたは他の光ディスクストレージ、磁気ディスクストレージまたは他の磁気ストレージデバイス、あるいは命令またはデータ構造の形態の所望のプログラムコードを搬送または記憶するために使用され得、コンピュータによってアクセスされ得る、任意の他の媒体を備えることができる。本明細書で使用するディスク（disk）およびディスク（disc）は、コンパクトディスク（disc）（CD）、レーザーディスク（登録商標）（disc）、光ディスク（disc）、デジタル多用途ディスク（disc）（DVD）、およびフロッピー（登録商標）ディスク（disk）を含み、ディスク（disk）は、通常、データを磁気的に再生し、ディスク（disc）は、データをレーザーで光学的に再生する。上記の組合せもコンピュータ可読媒体の範囲内に含まれるべきである。

【0012】

[0017]車両が、緊急情報（たとえば、公共安全情報）を受信するためにRSUと通信することができない状況において、車両は、他の近くの車両から送信されたBSMから緊急情報を受信する必要があり得る。本明細書で説明する態様によれば、たとえば、警察車両は、近くの警察追跡に関する情報を他の近くの車両に広めるために交通中の運転者車両を中継器として使用するように構成され得る。別の例として、救急車は、譲歩情報を他の近くの車両に広めるために運転者車両を中継器として使用し得る。別の例として、車両は、他の車両から中継された道路建設および迂回路情報を受信し得る。

【0013】

[0018]図1は、通信システム100を示す図である。図1に示されているように、通信システム100は、デバイス1 102と、デバイス2 104と、デバイス3 106とを含む。一態様では、デバイス1 102、デバイス2 104、およびデバイス3 106は、それぞれ、DSRCプロトコルに基づいてメッセージを送信および受信するように構成されたワイヤレス通信デバイスであり得る。そのような態様では、デバイス1 102、デバイス2 104、およびデバイス3 106は異なる車両中にそれぞれインストールされ得る。

【0014】

[0019]図1に示されているように、デバイス1 102は、メッセージまたは（図1では「BSM\_A」と呼ばれる）BSM108をデバイス2 104に送り得る。デバイス2 104は、BSM108を受信し、BSM108に関連する制御情報を決定し得る。たとえば、制御情報は、公共安全情報、交通遅延情報、迂回路情報、所望の送信方向、宛先、および/または気象情報を含み得る。図1にさらに示されているように、デバイス2 104は、次いで、決定された制御情報に基づいてBSM108をデバイス3 106に送信し得る。たとえば、制御情報が、現在の気象条件が大雪を含むことを示す場合、デバイス2 104は、そのような気象条件においてBSM108をデバイス3 106に正常に配信するために、増加した送信電力でBSM108をデバイス3 106に送信し得る。別の例として、制御情報が、近くの学校など、特定の宛先にBSM108が送信されるべきであることを示す場合、デバイス2 104は、そのような宛先に位置するワイヤレス通信デバイス（たとえば、デバイス3 106）にBSM108を送信し得る。したがって、デバイス2 104は、制御情報に基づいて、デバイス1 102から受信されたBSM108をデバイス3 106に中継し得る。

10  
20  
30  
40  
50

## 【0015】

[0020]一態様では、デバイス2 104は、1つまたは複数のデバイス（たとえば、デバイス3 106）の相対ロケーションを決定し得る。たとえば、デバイス2 104は、あるデバイスからBSM中で受信された位置情報を使用して、そのデバイスの相対ロケーションを決定し得る。デバイス2 104は、次いで、1つまたは複数のデバイスの相対ロケーションに基づいて、そのデバイスにBSM108を送信し得る。たとえば、相対ロケーションは、GPS座標として、あるいは、北または南西など、デバイス2 104に関する方向として表され得る。さらなる態様では、デバイス2 104は、デバイス3 106、およびBSM108を受信することが可能な他のデバイスにBSM108をブロードキャストすることによってBSM108を中継し得る。

10

## 【0016】

[0021]一態様では、デバイス1 102は、そのような権限を付与されていないデバイスによって生成されたBSMよりも高い優先度を有する（「制御型BSM」、「拡張BSM」、または「高優先度BSM」とも呼ばれる）BSMを生成する権限を付与され得る。たとえば、高優先度BSMを生成する権限は、警察署など、政府機関に付与され得る。高優先度BSMを受信し、認証するワイヤレス通信デバイスはローカル権限を付与されると言われ得る。

## 【0017】

[0022]図2は、通信システム100の例示的な実装形態の図である。図2を参照すると、BSM送信が示されている。図2は第1の車両202を含む。第2の車両204、第3の車両206、および第4の車両208は街路210上で第1の車両202の前方を進む。たとえば、デバイス1 102は第1の車両202中にインストールされ得、デバイス2 104は第2の車両204中にインストールされ得、デバイス3 106は第3の車両206中にインストールされ得る。この例では、第1の車両202は第4の車両208の高速追跡に関与し得る。一態様では、第2の車両204は、第1の車両202から受信されたBSM108を第3の車両206に特に中継し得る。さらなる態様では、第2の車両204は、第4の車両208が第3の車両206と同様にBSM108を受信し得るよう、BSM108をブロードキャストし得る。

20

## 【0018】

[0023]車両間（V2V：vehicle-to-vehicle）通信の展開は安全のために主に推進される。しかしながら、セルラーインフラストラクチャおよびRSUは、車両、住宅、および/または固定配信ロケーションに宛てられたコンテンツを配信するためにV2V通信を利用し得る。D SRCは、オフィスオンホイール（office-on-wheel）からピアツーピア（P2P）ファイル共有およびナビゲーションソフトウェアアップデートに及ぶ、安全以外のサービスのために割り振られたいくつかのチャネルを有し得る。したがって、D SRCを装備した車両ネットワークにおけるコンテンツ配信は、D SRCスペクトルを利用するという利点を有する。他の利点は高モビリティのサポートと潜在的ユビキタス展開とを含む。すべての車両への認証局によって作成された証明書失効リスト（CRL：Certificate Revocation List）の配信も行われ得る。

30

## 【0019】

[0024]D SRCを利用するV2V通信は、小さいおよび大きい地理的エリアにわたる大規模コンテンツ配信を可能にし得る。そのような車両ネットワークにおけるコンテンツ配信はD SRCのブロードキャスト性質を利用することができますが、動的トポロジー、予測不可能な消去、および肯定応答の欠如に関する課題が生じる。ランダム線形ネットワークコーディング（RLNC：random linear network coding）はこれらの課題に対処することが可能であり得る。しかしながら、RLNCに関連する高い復号複雑度が、特に大規模コンテンツ配信について、その適用可能性を制限する。

40

## 【0020】

[0025]中継器なしの単一ソースの特定のシナリオのための低複雑度手法（low complexity approach）はファウンテンコードである。しかしながら、ファウンテンコードを中継

50

するための技法を開発することが望ましい。本開示では、低複雑度アルゴリズムを用いて実装され得る、ファウンテンコードを中継するための技法について説明する。

【0021】

[0026]分散ファウンテンネットワークコード (D F N C : distributed-fountain network code) など、車両ネットワークのためのネットワークコーディング方式は、低い符号化、再符号化、および復号複雑度を有する。D F N C は、ソースにおいてファウンテンコードを使用し、ファウンテンコードを近似する中間車両において再符号化を使用する。中間車両における再符号化は、ファウンテンコードの次数分布を満たすために、低複雑度次数低減と次数低減パケットのランダム線形結合とを含む。低複雑度信念伝搬 (B P : belief propagation) 復号が宛先において適用される。

10

【0022】

[0027]図3は、ファウンテンコードを中継するためのネットワークを示す図300である。図3を参照すると、ソース(たとえば、セルラー基地局、R S U)302は、k個のパケットを含むファイルを有し得る。各パケットは長さ1のバイナリベクトルであり得る。ソース302は、ワイヤレスに接続された車両ネットワーク304を通して1つまたは複数の宛先306に同じファイルを送ろうとし得る。ソース302は、ファウンテンコードを使用してネイティブパケットを符号化し、限られた持続時間の間、符号化パケットを車両ネットワーク304に注入する。本開示では、高品質ファイルプロードキャスティング遅延配信を達成する、中間ノード(たとえば、車両304A、304B、および304C)において中継するための方法について説明する。

20

【0023】

[0028]所与の時間に、各中間車両(または中継器)は、受信されたパケットのセットをバッファ中に有し得る。バッファ中の各パケットはネイティブパケットのセットの線形結合であり得る。各パケットを作成するために使用されたネイティブパケットの数は次数と呼ばれることがある。中継器がパケットを送信する機会を有するとき、中継器は、1) 次数低減、および2) 次数条件付き結合という2つのステップを実行する。この2段手法は、中継する際に十分な多様性を与える。

【0024】

[0029]次数低減では、中継器によって受信されたパケットの純次数が低減される。その上、複数のパケットが同じネイティブパケットを有し得ることが利用される。低複雑度手法(たとえば、低複雑度アルゴリズム)が使用され得る。たとえば、1の次数を有するパケット(次数1パケット)、および2の次数を有するパケット(次数2パケット)が、すべてのパケットの次数低減を実行するために効率的な様式で使用され得る。次数低減は、中継器によって新たに受信されたすべてのパケット、または中継バッファ中のすべてのパケットのサブセットに対して実行され得る。次数低減は、次数条件付き結合を実行するための多数のパケット選定を可能にするために、パケットの次数を最小にする。

30

【0025】

[0030]一態様では、次数1パケットは信念伝搬のために使用され得る。これは、新しい次数1パケットを利用する反復ステップであり得る。次数2パケットは、同値類(equivalence class)を形成するために使用され得る。同値類中の任意の2つのネイティブパケットが、次数2パケットの排他的論理和をとる(次数2パケットに対して排他的論理和演算を実行する)ことによって取得され得る。この性質が、より高い次数のパケットからそのような組合せを削除するために使用され得る。より高い次数のパケットは次数低減のためにも使用され得る。より高い次数のパケットを使用しながら計算複雑度を制限することが鍵である。

40

【0026】

[0031]同値類は以下のように定義され得る。

【0027】

同値類 - 符号化パケットのセット

【0028】

50

【数1】

$$\{y_i\}_{i=1}^r$$

【0029】

を仮定すると、帰納される類  $E$  は、以下の条件を満たす一意のネイティブパケットのセットである。 $x_a, x_b \in E$  である場合、

【0030】

【数2】

10

$$X_a \oplus X_b = \bigoplus_{i \in r} y_i$$

【0031】

であるような次数2符号化パケットのセット  $\{1, \dots, r\}$  が存在する。

[0032] 符号化パケットの所与のセットはいくつかの同値類を帰納し得る。同値類は、次数2パケットのみを使用して定義される。

【0032】

[0033] 一態様では、低複雑度をもつ次数低減が行われ得る。したがって、復号ネイティブパケットのセットである復号セット  $D$  と同値類とが、次数低減を実行するために利用され得る。復号セットおよび同値類は次数低減パケットの現在のセットに関して定義され得る。

20

【0033】

[0034] 次数低減のために、新しいパケットが中間ノード（または中継器）によって受信されたとき、復号セット  $D$  に属する新しいパケット中のすべてのネイティブパケットが削除される。次に、中間ノードは、同じ同値類に属する新しいパケット中のネイティブパケットのうちの2つのパケットがあるかどうかを検査する。そのようなパケットがある場合、ネイティブパケットのこのペアは、対応する同値類から生成された同じペアを追加することによって削除される。このプロセスは、新しいパケット中のネイティブパケットのそのようなペアが削除され得なくなるまで繰り返され得る。次数低減された新しいパケットが2よりも小さいかまたはそれに等しい次数を有する場合、復号セット  $D$  および同値類は以下のように更新される。次数低減された新しいパケットの次数が1に等しい場合、中間ノードはさらに信念伝搬（BP）復号を進める。その後、復号セット  $D$  および同値類が更新される。次数低減された新しいパケットの次数が2に等しい場合、同値類が更新される。次数低減の後に、高い次数をもつ符号化パケットは、より低い次数をもつパケットになる。

30

【0034】

[0035]  $N_E$  が同値類の数を表す、低複雑度次数低減のためのアルゴリズムの一例（アルゴリズム1）は以下の通りであり得る。

40

【0035】

## 【数3】

## アルゴリズム1 低複雑度次数低減

---

入力 :  $y_{r+1}, \{y_i\}_{i=1}^r, \mathcal{D}$  and  $\{E_i\}_{i=1}^{N_E}$   
 出力 :  $\{y_i\}_{i=1}^{r+1}, \mathcal{D}$  and  $\{E_i\}_{i=1}^{N_E}$

1:  $y_{r+1} \leftarrow \mathcal{D}$  and  $\{E_i\}_{i=1}^{N_E}$  によって  $y_{r+1}$  の次数を低減する  
 2: if  $\deg(y_{r+1}) = 1$  then  
 3:    $\{y_i\}_{i=1}^{r+1} \leftarrow$  BP復号  
 4:   update  $\{E_i\}_{i=1}^{N_E}$  and  $\mathcal{D}$   
 5: end if  
 6: if  $\deg(y_{r+1}) = 2$  then  
 7:   update  $\{E_i\}_{i=1}^{N_E}$   
 8: end if

---

10

## 【0036】

[0036] 次数条件付き結合では、送信のためのパケットが、所与の / 適切な次数分布に基づいて次数低減パケットを結合することによって生成される。より詳細には、ファンションコードの次数分布が使用され得る。所与の次数について、所与の次数よりも低いかまたはそれに等しい次数をもつパケットが、パケットに割り当てられた重みに基づいて選択される。重み割当ては、前に選択されたパケットに基づいて時間変動し得る。このプロセスは、ターゲット次数に到達するか、または最大回数の選択が使い果たされるまで継ぎ得る。この手法を通して生成された各パケットは、次数1パケットのセットと、次数2パケットによって形成された同値類とを使用して、さらに多様化され得る。

20

## 【0037】

[0037] 次数条件付き結合の一態様では、中間ノード（または中継器）が、ブロードキャストすべき新しいパケットを生成しようとするとき、中間ノードは、最初に、分布（たとえば、ロバストソリトン（RS : Robust Soliton）分布または他の最適化された次数分布）からターゲット次数  $d$  をランダムに選ぶ。次に、中間ノードは、以下のように次数  $d$  をもつ新しいパケットを構成する。最初に、 $d$  よりも小さいかまたはそれに等しい次数をもつパケットがランダムに選択される。この次数を  $d'$  とする。次に、 $d - d'$  よりも小さいかまたはそれに等しい次数をもつパケットがランダムに選択される。このプロセスは、ターゲット次数に到達するか、または最大回数のステップが使用されるまで継ぎ得る。2つの符号化パケットの和の次数は、それらのそれぞれの次数の和である必要はない。パケットを選択する間、同値類を使用する次数低減が適用され得る。次数低減を適用する理由は、復号セットおよび同値類が、パケットが受信された時間と比較して大幅に変化した可能性があることである。

30

## 【0038】

[0038] ターゲット次数  $d$  よりも小さいかまたはそれに等しい次数をもつパケットは、事前に割り当てられた分布に従ってランダムに選択され得る。分布は、集合  $S(d) = \{y \mid d \leq \deg(y) \leq d\}$  における重み割当てを正規化することによって生成され得る。 $z$  を新たに再符号化されたパケットとする。重み割当ては、将来の送信において低い / 0 の確率をもつ符号化パケットが選択されるように、重みが各  $y \in z$  に割り当てられることを可能にする。具体的には、 $W(y)$  の初期値は 1 に設定され得る（すなわち、 $y$  は、再符号化パケットを生成するために一度も使用されていない）。次いで、 $y$  が  $z$  を構成する（すなわち、 $y \in z$  である）ように選択された場合、 $W(y)$  は、ある定数  $c$  について  $W(y) \leftarrow c$  に更新される。

40

## 【0039】

50

[0039]  $N_E$  が同値類の数を表す、分布ベースのパケット構成の擬似コードの一例を以下のアルゴリズム 2 に提示する。

【0040】

【数4】

---

アルゴリズム2 分布ベースのパケット構成

---

入力 :  $k, d, \mathcal{S}(d), \mathcal{W}, i_{\max}, \mathcal{D}$  and  $\{E_i\}_{i=1}^{N_E}$

出力 :  $z, \mathcal{W}$

1:  $z \leftarrow \emptyset, i \leftarrow 0$

2: **while**  $\deg(z) < d$  and  $i < i_{\max}$  **do**

3:     $i \leftarrow i + 1$

4:    **if**  $\mathcal{S}(d) \neq \emptyset$  **then**

5:      $z' \leftarrow \mathcal{W}$  に従って集合  $\mathcal{S}(d)$  からパケット  $y$  をランダムに選択する

6:      $z' \leftarrow$  同値類  $\{E_i\}_{i=1}^{N_E}$  による  $z'$  に対するさらなる次数低減

7:     **if**  $d(z) \leq \deg(z \oplus z') \leq d$  **then**

8:        $d \leftarrow d - \deg(z \oplus z')$

9:        $z \leftarrow z \oplus z'$

10:      **end if**

11:      **else**

12:       **break**; //  $\mathcal{S}(d) \neq \emptyset$  である場合、次数  $d$  を再選択する

13:      **end if**

14: **end while**

15:  $C_y(z) \leftarrow \{y \in \mathcal{Y} | y \in z\}$  // 重み更新のために使用される

16: **if**  $\text{Size}(\mathcal{D}) \leq \frac{1}{4}k$  **then**

17:     **for all**  $y \in C_y(z)$  **do**

18:        $\mathcal{W}(y) \leftarrow \mathcal{W}(y) e^{-c}$  // 重み更新

19:     **end for**

20: **end if**

---

10

20

30

【0041】

[0040] アルゴリズム 1 における次数低減は一部分にすぎないことがあるので、アルゴリズム 2 におけるパケット構成プロセスはさらなるパケット多様化から恩恵を受け得る。多様化は、新たに再符号化されたパケット  $z$  中のネイティブパケット  $x$  が別のネイティブパケット  $x'$  と交換されることを可能にする。交換は、 $x$  および  $x'$  が、復号セット中にあるか、または同じ同値類中にある ( $x' \sim x$  によって示される) 場合、効率的に実行され得る。パケット多様性を最大にするために、復号セットまたは同値類中のネイティブパケット  $x'$  はランダムに一様に選択され得る。同値類から選定された  $x'$  について、現在利用可能な次数 2 符号化パケットを使用することによって、

【0042】

【数5】

$$x \oplus x'$$

【0043】

が生成され得る。 $(x, x')$  の同値連鎖 (equivalence chain)  $C_y(x, x')$  を、

40

50

【0044】

【数6】

$$x \oplus x'$$

【0045】

に等しい和をもつパケットのセットとする。ペア ( $x, x'$ ) のためのこの同値連鎖を見つけることは、本質的にツリー探索 (tree search) アルゴリズムであり得る。

【0046】

[0041]  $N_E$  が同値類の数を表す、パケット多様化のためのアルゴリズムの一例 (アルゴリズム3) は以下の通りであり得る。 10

【0047】

【数7】

---

### アルゴリズム3 パケット多様化

---

入力 :  $z, \mathcal{D}$  and  $\{E_i\}_{i=1}^{N_E}$

出力 :  $z$

1: **for all**  $x \in z$  **do**

2:    $A \leftarrow \{x' \in \mathcal{X} | x' \sim x \text{ and } x' \notin z\}$

3:   **if**  $A \neq \emptyset$  **then**

4:      $x' \leftarrow A$  から  $x'$  を一様ランダムに選択する

5:      $C_y(x, x') \leftarrow \{y \in \mathcal{Y} | x \oplus x' = \bigoplus_{i=1}^h y_i, \deg(y_i) \leq 2\}$   
    // 同値連鎖を構成する

6:      $z \leftarrow z \oplus C_y(x, x')$

7:   **end if**

8: **end for**

---

20

【0048】

[0042] 図4は、パケットを中継する方法のフローチャート400である。本方法は、中間ノードまたは中継器 (たとえば、図1中のデバイス2104または図2中の第2の車両204) によって実行され得る。ステップ402において、中間ノードは少なくとも1つのパケットを受信する。少なくとも1つのパケットは、ソース (たとえば、図1中のデバイス1102または図2中の第1の車両202) あるいは別の中間ノードまたは中継器から受信され得る。その上、受信された少なくとも1つのパケットは、ファウンテンコードを使用して符号化され得る。 30

【0049】

[0043] ステップ404において、中間ノードは少なくとも1つのパケットの次数を低減する。少なくとも1つのパケットの次数は、少なくとも1つのパケットを作成するために使用されたネイティブパケットの数を指す。中間ノードは、ネイティブパケットの復号セットに属する少なくとも1つのパケットのすべてのネイティブパケットを削除することによって次数を低減し得る。追加または代替として、中間ノードは、同じ同値類に属する少なくとも1つのパケットの2つのネイティブパケットの任意の組合せを削除することによって次数を低減し得る。特に、同値類はネイティブパケットのセットを指し、ここにおいて、同値類中の任意の2つのネイティブパケットの排他的論理和演算は、次数2処理済みパケットに対して排他的論理和演算を実行することによって生成され得る。 40

【0050】

[0044] ステップ406において、中間ノードは、低減された次数に基づいて少なくとも1つのパケットを処理する。たとえば、処理は、中間ノードが、少なくとも1つのパケットの低減された次数を決定することを含み得る。少なくとも1つのパケットの低減された

40

50

次数が 1 に等しいとき、中間ノードは、少なくとも 1 つの次数低減パケットで復号セットを更新し、信念伝搬に基づいて復号セットを更新し、少なくとも 1 つの次数低減パケットに基づいて同値類を更新し得る。少なくとも 1 つのパケットの低減された次数が 2 に等しいとき、中間ノードは、少なくとも 1 つの次数低減パケットに基づいて同値類を更新し得る。

#### 【 0 0 5 1 】

[0045]ステップ 4 0 8 において、中間ノードは結合パケットを生成する。結合パケットを生成することは、低減された次数と処理済みパケットの各々の重みに基づいて、少なくとも 1 つの処理済みパケットを少なくとも 1 つの他の処理済みパケットと結合することを含み得る。たとえば、結合パケットを生成することは、結合パケットのためのターゲット次数を決定することと、少なくとも 1 つのパケットの各パケットに割り当てられた重みに基づいて、ターゲット次数よりも小さいかまたはそれに等しい次数を有する少なくとも 1 つの次数低減パケットを選択することとを含み得る。少なくとも 1 つの次数低減パケットは、選択されたパケットのそれぞれの次数の和がターゲット次数に等しくなるまで、または最大回数の選択が行われるまで選択され得る。その後、中間ノードは、結合パケットを生成するために少なくとも 1 つの選択された次数低減パケットの各々を結合し得る。

#### 【 0 0 5 2 】

[0046]ステップ 4 1 0 において、中間ノードは結合パケットを多様化させる。結合パケットを多様化させることは、結合パケット中のネイティブパケットをネイティブパケットの復号セットからの別のネイティブパケットと交換することを含み得る。多様化させることはまた、結合パケット中の任意のネイティブパケットを、同じ同値類に属する別のネイティブパケットと交換することを含み得る。ステップ 4 1 2 において、中間ノードは、宛先または中継器（たとえば、図 1 中のデバイス 3 1 0 6 あるいは図 2 中の第 3 の車両 2 0 6 および / または第 4 の車両 2 0 8 ）に結合パケットを送信 / プロードキャストする。

#### 【 0 0 5 3 】

[0047]図 5 は、例示的な装置 5 0 2 中の異なるモジュール / 手段 / 構成要素間のデータフローを示す概念データフロー図 5 0 0 である。本装置は、中間ノードまたは中継器（たとえば、図 1 中のデバイス 2 1 0 4 または図 2 中の第 2 の車両 2 0 4 ）であり得る。本装置は、受信モジュール 5 0 4 と、次数低減モジュール 5 0 6 と、パケット処理モジュール 5 0 8 と、結合パケット生成モジュール 5 1 0 と、メモリ 5 1 2 と、送信モジュール 5 1 4 とを含む。

#### 【 0 0 5 4 】

[0048]受信モジュール 5 0 4 は少なくとも 1 つのパケットを受信する。少なくとも 1 つのパケットはソースまたは中継器 5 1 6 から受信され得る。その上、受信された少なくとも 1 つのパケットは、ファウンテンコードを使用して符号化され得る。

#### 【 0 0 5 5 】

[0049]次数低減モジュール 5 0 6 は少なくとも 1 つのパケットの次数を低減する。少なくとも 1 つのパケットの次数は、少なくとも 1 つのパケットを作成するために使用されたネイティブパケットの数を指す。次数低減モジュール 5 0 6 は、ネイティブパケットの復号セットに属する少なくとも 1 つのパケットのすべてのネイティブパケットを削除することによって次数を低減し得る。ネイティブパケットの復号セットはメモリ 5 1 2 に記憶され得る。追加または代替として、次数低減モジュール 5 0 6 は、同じ同値類に属する少なくとも 1 つのパケットの 2 つのネイティブパケットの任意の組合せを削除することによって次数を低減し得る。同値類もメモリ 5 1 2 に記憶され得る。特に、同値類はネイティブパケットのセットを指し、ここにおいて、同値類中の任意の 2 つのネイティブパケットの排他的論理和演算は、次数 2 処理済みパケットに対して排他的論理和演算を実行することによって生成され得る。

#### 【 0 0 5 6 】

[0050]パケット処理モジュール 5 0 8 は、低減された次数に基づいて少なくとも 1 つのパケットを処理する。たとえば、処理は、パケット処理モジュール 5 0 8 が、少なくとも

10

20

30

40

50

1つのパケットの低減された次数を決定することを含み得る。少なくとも1つのパケットの低減された次数が1に等しいとき、パケット処理モジュール508は、少なくとも1つの次数低減パケットで、メモリ512に記憶された復号セットを更新し、信念伝搬に基づいて、メモリ512に記憶された復号セットを更新し、少なくとも1つの次数低減パケットに基づいて、メモリ512に記憶された同値類を更新し得る。少なくとも1つのパケットの低減された次数が2に等しいとき、パケット処理モジュール508は、少なくとも1つの次数低減パケットに基づいて、メモリ512に記憶された同値類を更新し得る。

#### 【0057】

[0051]結合パケット生成モジュール510は結合パケットを生成し得る。結合パケットを生成することは、低減された次数と処理済みパケットの各々の重みに基づいて、少なくとも1つの処理済みパケットを少なくとも1つの他の処理済みパケットと結合することを含み得る。たとえば、結合パケットを生成することは、結合パケット生成モジュール510が、結合パケットのためのターゲット次数を決定することと、少なくとも1つのパケットの各パケットに割り当てられた重みに基づいて、ターゲット次数よりも小さいかまたはそれに等しい次数を有する少なくとも1つの次数低減パケットを選択することを含み得る。結合パケット生成モジュール510は、選択されたパケットのそれぞれの次数の和がターゲット次数に等しくなるまで、または最大回数の選択が行われるまで、少なくとも1つの次数低減パケットを選択し得る。その後、結合パケット生成モジュール510は、結合パケットを生成するために少なくとも1つの選択された次数低減パケットの各々を結合し得る。

10

#### 【0058】

[0052]結合パケット生成モジュール510はまた、結合パケットを多様化させ得る。結合パケットを多様化させることは、結合パケット中のネイティブパケットを、メモリ512に記憶されたネイティブパケットの復号セットからの別のネイティブパケットと交換することを含み得る。多様化させることはまた、結合パケット中の任意のネイティブパケットを、メモリ512に記憶された同じ同値類に属する別のネイティブパケットと交換することを含み得る。その後、結合パケット生成モジュール510は、宛先または中継器518（たとえば、図1中のデバイス3106あるいは図2中の第3の車両206および/または第4の車両208）に結合パケットを（送信モジュール514を介して）送信／ブロードキャストし得る。

20

#### 【0059】

[0053]本装置は、図4の上述のフローチャート中のアルゴリズムのステップの各々を実行する追加のモジュールを含み得る。したがって、図4の上述のフローチャート中の各ステップは1つのモジュールによって実行され得、本装置は、それらのモジュールのうちの1つまたは複数を含み得る。それらのモジュールは、述べられたプロセス／アルゴリズムを行うように特に構成された1つまたは複数のハードウェア構成要素であるか、述べられたプロセス／アルゴリズムを実行するように構成されたプロセッサによって実装されるか、プロセッサによる実装のためにコンピュータ可読媒体内に記憶されるか、またはそれらの何らかの組合せであり得る。

30

#### 【0060】

[0054]図6は、処理システム614を採用する装置502'のためのハードウェア実装形態の一例を示す図600である。処理システム614は、バス624によって概略的に表されるバスアーキテクチャを用いて実装され得る。バス624は、処理システム614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み得る。バス624は、プロセッサ604、モジュール504、506、508、510、512、514およびコンピュータ可読媒体606によって表される1つまたは複数のプロセッサおよび/またはハードウェアモジュールを含む様々な回路を互いにリンクする。バス624はまた、タイミングソース、周辺機器、電圧調整器、および電力管理回路など、様々な他の回路をリンクし得るが、これらの回路は当技術分野においてよく知られており、したがって、これ以上説明しない。

40

50

## 【0061】

[0055]処理システム 614 はトランシーバ 610 に結合され得る。トランシーバ 610 は 1 つまたは複数のアンテナ 620 に結合される。トランシーバ 610 は、伝送媒体を介して様々な他の装置と通信するための手段を与える。トランシーバ 610 は、1 つまたは複数のアンテナ 620 から信号を受信し、受信された信号から情報を抽出し、抽出された情報を処理システム 614、特に受信モジュール 504 に与える。さらに、トランシーバ 610 は、処理システム 614、特に送信モジュール 514 から情報を受信し、受信された情報に基づいて、1 つまたは複数のアンテナ 620 に適用されるべき信号を生成する。処理システム 614 は、コンピュータ可読媒体 606 に結合されたプロセッサ 604 を含む。プロセッサ 604 は、コンピュータ可読媒体 606 に記憶されたソフトウェアの実行を含む一般的な処理を担当する。ソフトウェアは、プロセッサ 604 によって実行されたとき、処理システム 614 に、特定の装置のための上記で説明した様々な機能を実行させる。コンピュータ可読媒体 606 はまた、ソフトウェアを実行するときにプロセッサ 604 によって操作されるデータを記憶するために使用され得る。処理システムは、モジュール 504、506、508、510、512、および 514 のうちの少なくとも 1 つをさらに含む。それらのモジュールは、プロセッサ 604 中で動作するか、コンピュータ可読媒体 606 中に常駐する / 記憶されたソフトウェアモジュールであるか、プロセッサ 604 に結合された 1 つまたは複数のハードウェアモジュールであるか、またはそれらの何らかの組合せであり得る。

## 【0062】

[0056]一構成では、パケットを中継するための装置 602 / 602' は、少なくとも 1 つのパケットを受信するための手段と、少なくとも 1 つのパケットの次数を低減するための手段と、低減された次数に基づいて少なくとも 1 つのパケットを処理するための手段と、結合パケットを生成するための手段と、生成するための手段が、低減された次数と処理済みパケットの各々の重みとにに基づいて、少なくとも 1 つの処理済みパケットを少なくとも 1 つの他の処理済みパケットと結合するように構成された、結合パケット中のネイティブパケットをネイティブパケットの復号セットからの別のネイティブパケットと交換することと、結合パケット中の任意のネイティブパケットを、同じ同値類に属する別のネイティブパケットと交換することとを行うように構成された、結合パケットを多様化させるための手段と、結合パケットを送信するための手段とを含む。上述の手段は、上述の手段によって具陳される機能を実行するように構成された、装置 502、および / または装置 502' の処理システム 614 の上述のモジュールのうちの 1 つまたは複数であり得る。

## 【0063】

[0057]開示したプロセスにおけるステップの特定の順序または階層は、例示的な手法の一例であることを理解されたい。設計上の選好に基づいて、プロセスにおけるステップの特定の順序または階層は再構成され得ることを理解されたい。さらに、いくつかのステップは組み合わせられるかまたは省略され得る。添付の方法クレームは、様々なステップの要素を例示的な順序で提示したものであり、提示された特定の順序または階層に限定されるものではない。

## 【0064】

[0058]以上の説明は、当業者が本明細書で説明した様々な態様を実施することができるようになるために提供したものである。これらの態様に対する様々な変更は当業者には容易に明らかであり、本明細書で定義された一般原理は他の態様に適用され得る。したがって、特許請求の範囲は、本明細書に示された態様に限定されるものではなく、クレーム文言に矛盾しない全範囲を与えられるべきであり、ここにおいて、単数形の要素への言及は、そのように明記されていない限り、「唯一無二の」を意味するものではなく、「1 つまたは複数の」を意味するものである。別段に明記されていない限り、「いくつか (some)」という用語は 1 つまたは複数を指す。「A、B、または C のうちの少なくとも 1 つ」、「A、B、および C のうちの少なくとも 1 つ」、ならびに「A、B、C、またはそれらの任意の組合せ」などの組合せは、A、B、および / または C の任意の組合せを含み、複数

10

20

30

40

50

の A、複数の B、または複数の C を含み得る。詳細には、「A、B、または C のうちの少なくとも 1 つ」、「A、B、および C のうちの少なくとも 1 つ」、ならびに「A、B、C、またはそれらの任意の組合せ」などの組合せは、A のみ、B のみ、C のみ、A および B、A および C、B および C、または A および B および C であり得、ここで、いかなるそのような組合せも、A、B、または C のうちの 1 つまたは複数のメンバーを含んでいることがある。当業者に知られている、または後に知されることになる、本開示全体にわたって説明した様々な態様の要素のすべての構造的および機能的均等物は、参照により本明細書に明確に組み込まれ、特許請求の範囲に包含されるものである。その上、本明細書で開示したいかなることも、そのような開示が特許請求の範囲に明示的に具陳されているかどうかにかかわらず、公に供するものではない。いかなるクレーム要素も、その要素が「ための手段」という語句を使用して明確に具陳されていない限り、ミーンズプラスファンクションとして解釈されるべきではない。

以下に、本願出願の当初の特許請求の範囲に記載された発明を付記する。

[ C 1 ]

パケットを中継する方法であって、

少なくとも 1 つのパケットを受信することと、

前記少なくとも 1 つのパケットの次数を低減することと、

前記低減された次数に基づいて前記少なくとも 1 つのパケットを処理することと、

結合パケットを生成することと、前記生成することが、前記低減された次数と前記処理済みパケットの各々の重みとにに基づいて、前記少なくとも 1 つの処理済みパケットを少なくとも 1 つの他の処理済みパケットと結合することを備える、

前記結合パケットを送信することとを備える、方法。

[ C 2 ]

前記受信された少なくとも 1 つのパケットが、ファウンテンコードを使用して符号化される、C 1 に記載の方法。

[ C 3 ]

前記少なくとも 1 つのパケットの前記次数が、前記少なくとも 1 つのパケットを作成するに使用されたネイティブパケットの数を備える、C 1 に記載の方法。

[ C 4 ]

前記低減することが、

ネイティブパケットの復号セットに属する前記少なくとも 1 つのパケットのすべてのネイティブパケットを削除することと、

同じ同値類に属する前記少なくとも 1 つのパケットの 2 つのネイティブパケットの任意の組合せを削除することとを備える、C 1 に記載の方法。

[ C 5 ]

同値類がネイティブパケットのセットを備え、ここにおいて、前記同値類中の任意の 2 つのネイティブパケットの排他的論理和演算が、次数 2 処理済みパケットに対して排他的論理和演算を実行することによって生成され得る、C 4 に記載の方法。

[ C 6 ]

前記処理することが、

前記少なくとも 1 つのパケットの前記低減された次数を決定することを備え、

前記少なくとも 1 つのパケットの前記低減された次数が 1 に等しいとき、前記処理することが、

前記少なくとも 1 つの次数低減パケットで前記復号セットを更新することと、

信念伝搬に基づいて前記復号セットを更新することと、

前記少なくとも 1 つの次数低減パケットに基づいて同値類を更新することとをさらに備え、

前記少なくとも 1 つのパケットの前記低減された次数が 2 に等しいとき、前記処理することが、前記少なくとも 1 つの次数低減パケットに基づいて前記同値類を更新することをさらに備える、C 4 に記載の方法。

10

20

30

40

50

## [ C 7 ]

前記結合パケットを前記生成することが、

前記結合パケットのためのターゲット次数を決定することと、

前記少なくとも 1 つのパケットの各パケットに割り当てられた重みに基づいて、前記ターゲット次数よりも小さいかまたはそれに等しい次数を有する少なくとも 1 つの次数低減パケットを選択することと、

前記結合パケットを生成するために前記少なくとも 1 つの選択された次数低減パケットの各々を結合することとをさらに備える、C 6 に記載の方法。

## [ C 8 ]

前記少なくとも 1 つの次数低減パケットは、選択されたパケットのそれぞれの次数の和が前記ターゲット次数に等しくなるまで、または最大回数の選択が行われるまで選択される、C 7 に記載の方法。

## [ C 9 ]

前記結合パケット中のネイティブパケットをネイティブパケットの前記復号セットからの別のネイティブパケットと交換することと、

前記結合パケット中の任意のネイティブパケットを、同じ同値類に属する別のネイティブパケットと交換することとを備える、前記結合パケットを多様化させることをさらに備える、C 7 に記載の方法。

## [ C 10 ]

パケットを中継するための装置であって、

少なくとも 1 つのパケットを受信するための手段と、

前記少なくとも 1 つのパケットの次数を低減するための手段と、

前記低減された次数に基づいて前記少なくとも 1 つのパケットを処理するための手段と、

結合パケットを生成するための手段と、生成するための前記手段が、前記低減された次数と前記処理済みパケットの各々の重みとにに基づいて、前記少なくとも 1 つの処理済みパケットを少なくとも 1 つの他の処理済みパケットと結合するように構成された、

前記結合パケットを送信するための手段とを備える、装置。

## [ C 11 ]

前記受信された少なくとも 1 つのパケットが、ファウンテンコードを使用して符号化される、C 10 に記載の装置。

## [ C 12 ]

前記少なくとも 1 つのパケットの前記次数が、前記少なくとも 1 つのパケットを作成するに使用されたネイティブパケットの数を備える、C 10 に記載の装置。

## [ C 13 ]

低減するための前記手段が、

ネイティブパケットの復号セットに属する前記少なくとも 1 つのパケットのすべてのネイティブパケットを削除することと、

同じ同値類に属する前記少なくとも 1 つのパケットの 2 つのネイティブパケットの任意の組合せを削除することとを行うように構成された、C 10 に記載の装置。

## [ C 14 ]

同値類がネイティブパケットのセットを備え、ここにおいて、前記同値類中の任意の 2 つのネイティブパケットの排他的論理和演算が、次数 2 処理済みパケットに対して排他的論理和演算を実行することによって生成され得る、C 13 に記載の装置。

## [ C 15 ]

処理するための前記手段が、

前記少なくとも 1 つのパケットの前記低減された次数を決定することを行うように構成され、

前記少なくとも 1 つのパケットの前記低減された次数が 1 に等しいとき、処理するための前記手段が、

10

20

30

40

50

前記少なくとも 1 つの次数低減パケットで前記復号セットを更新することと、

信念伝搬に基づいて前記復号セットを更新することと、

前記少なくとも 1 つの次数低減パケットに基づいて同値類を更新することを行うようにさらに構成され、

前記少なくとも 1 つのパケットの前記低減された次数が 2 に等しいとき、処理するための前記手段が、前記少なくとも 1 つの次数低減パケットに基づいて前記同値類を更新することを行うようにさらに構成された、C 1 3 に記載の装置。

[ C 1 6 ]

前記結合パケットを生成するための前記手段が、

前記結合パケットのためのターゲット次数を決定することと、

前記少なくとも 1 つのパケットの各パケットに割り当てられた重みに基づいて、前記ターゲット次数よりも小さいかまたはそれに等しい次数を有する少なくとも 1 つの次数低減パケットを選択することと、

前記結合パケットを生成するために前記少なくとも 1 つの選択された次数低減パケットの各々を結合することとを行うようにさらに構成された、C 1 5 に記載の装置。

[ C 1 7 ]

前記少なくとも 1 つの次数低減パケットは、選択されたパケットのそれぞれの次数の和が前記ターゲット次数に等しくなるまで、または最大回数の選択が行われるまで選択される、C 1 6 に記載の装置。

[ C 1 8 ]

前記結合パケット中のネイティブパケットをネイティブパケットの前記復号セットからの別のネイティブパケットと交換することと、

前記結合パケット中の任意のネイティブパケットを、同じ同値類に属する別のネイティブパケットと交換することとを行うように構成された、前記結合パケットを多様化させるための手段をさらに備える、C 1 6 に記載の装置。

[ C 1 9 ]

パケットを中継するための装置であって、

メモリと、

前記メモリに結合された少なくとも 1 つのプロセッサとを備え、前記少なくとも 1 つのプロセッサが、

少なくとも 1 つのパケットを受信することと、

前記少なくとも 1 つのパケットの次数を低減することと、

前記低減された次数に基づいて前記少なくとも 1 つのパケットを処理することと、

結合パケットを生成することと、ここにおいて、生成するように構成された前記少なくとも 1 つのプロセッサが、前記低減された次数と前記処理済みパケットの各々の重みに基づいて、前記少なくとも 1 つの処理済みパケットを少なくとも 1 つの他の処理済みパケットと結合するようにさらに構成された、

前記結合パケットを送信することとを行うように構成された、装置。

[ C 2 0 ]

前記受信された少なくとも 1 つのパケットが、ファウンテンコードを使用して符号化される、C 1 9 に記載の装置。

[ C 2 1 ]

前記少なくとも 1 つのパケットの前記次数が、前記少なくとも 1 つのパケットを作成するために使用されたネイティブパケットの数を備える、C 1 9 に記載の装置。

[ C 2 2 ]

低減するように構成された前記少なくとも 1 つのプロセッサが、

ネイティブパケットの復号セットに属する前記少なくとも 1 つのパケットのすべてのネイティブパケットを削除することと、

同じ同値類に属する前記少なくとも 1 つのパケットの 2 つのネイティブパケットの任意の組合せを削除することとを行うようにさらに構成された、C 1 9 に記載の装置。

10

20

30

40

50

## [ C 2 3 ]

同値類がネイティブパケットのセットを備え、ここにおいて、前記同値類中の任意の 2 つのネイティブパケットの排他的論理和演算が、次数 2 処理済みパケットに対して排他的論理和演算を実行することによって生成され得る、C 2 2 に記載の装置。

## [ C 2 4 ]

処理するように構成された前記少なくとも 1 つのプロセッサが、前記少なくとも 1 つのパケットの前記低減された次数を決定することを行うようにさらに構成され、

前記少なくとも 1 つのパケットの前記低減された次数が 1 に等しいとき、処理するように構成された前記少なくとも 1 つのプロセッサが、

前記少なくとも 1 つの次数低減パケットで前記復号セットを更新することと、

信念伝搬に基づいて前記復号セットを更新することと、

前記少なくとも 1 つの次数低減パケットに基づいて同値類を更新することとを行うようにさらに構成され、

前記少なくとも 1 つのパケットの前記低減された次数が 2 に等しいとき、処理するように構成された前記少なくとも 1 つのプロセッサが、前記少なくとも 1 つの次数低減パケットに基づいて前記同値類を更新することを行なうようにさらに構成された、C 2 2 に記載の装置。

## [ C 2 5 ]

前記結合パケットを生成するように構成された前記少なくとも 1 つのプロセッサが、前記結合パケットのためのターゲット次数を決定することと、

前記少なくとも 1 つのパケットの各パケットに割り当てられた重みに基づいて、前記ターゲット次数よりも小さいかまたはそれに等しい次数を有する少なくとも 1 つの次数低減パケットを選択することと、

前記結合パケットを生成するために前記少なくとも 1 つの選択された次数低減パケットの各々を結合することとを行うようにさらに構成された、C 2 4 に記載の装置。

## [ C 2 6 ]

前記少なくとも 1 つの次数低減パケットは、選択されたパケットのそれぞれの次数の和が前記ターゲット次数に等しくなるまで、または最大回数の選択が行われるまで選択される、C 2 5 に記載の装置。

## [ C 2 7 ]

前記少なくとも 1 つのプロセッサが、

前記結合パケットを多様化することを行なうようにさらに構成され、ここにおいて、多様化させるように構成された前記少なくとも 1 つのプロセッサが、

前記結合パケット中のネイティブパケットをネイティブパケットの前記復号セットからの別のネイティブパケットと交換することと、

前記結合パケット中の任意のネイティブパケットを、同じ同値類に属する別のネイティブパケットと交換することとを行なうようにさらに構成された、C 2 5 に記載の装置。

## [ C 2 8 ]

コンピュータ可読媒体に記憶されたコンピュータプログラム製品であって、少なくとも 1 つのプロセッサ上で実行されたとき、

少なくとも 1 つのパケットを受信するステップと、

前記少なくとも 1 つのパケットの次数を低減するステップと、

前記低減された次数に基づいて前記少なくとも 1 つのパケットを処理するステップと、結合パケットを生成するステップと、前記生成するステップが、前記低減された次数と前記処理済みパケットの各々の重みとに基づいて、前記少なくとも 1 つの処理済みパケットを少なくとも 1 つの他の処理済みパケットと結合することを備える、

前記結合パケットを送信するステップとを実行するコードを備える、コンピュータプログラム製品。

【図1】

図1

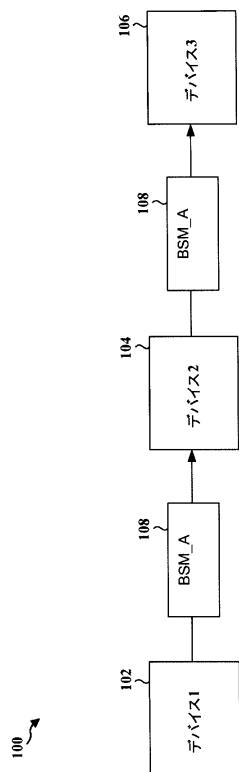


FIG. 1

【図2】

図2

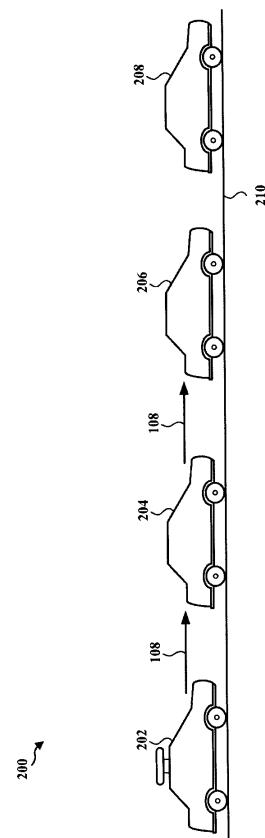


FIG. 2

【図3】

図3

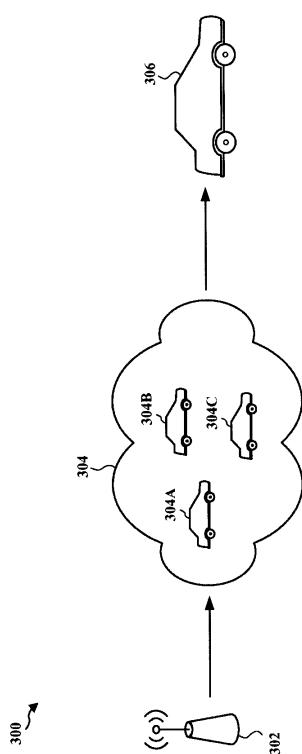


FIG. 3

【図4】

図4

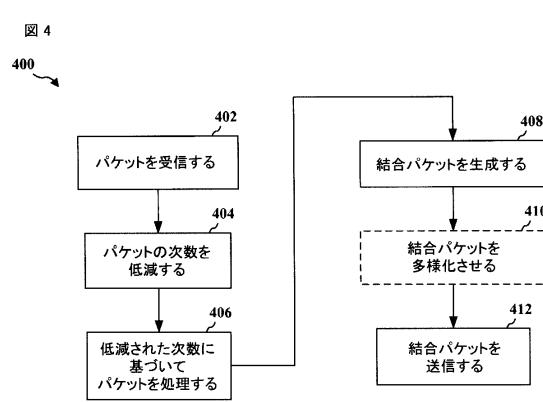


FIG. 4

【図5】

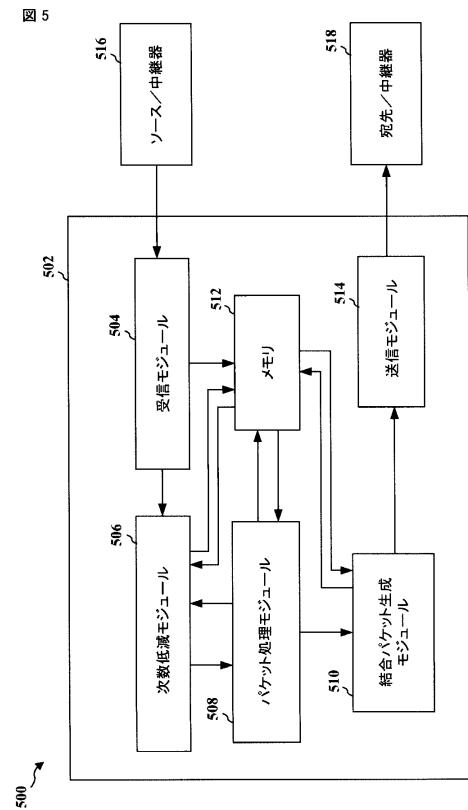


FIG. 5

【図6】

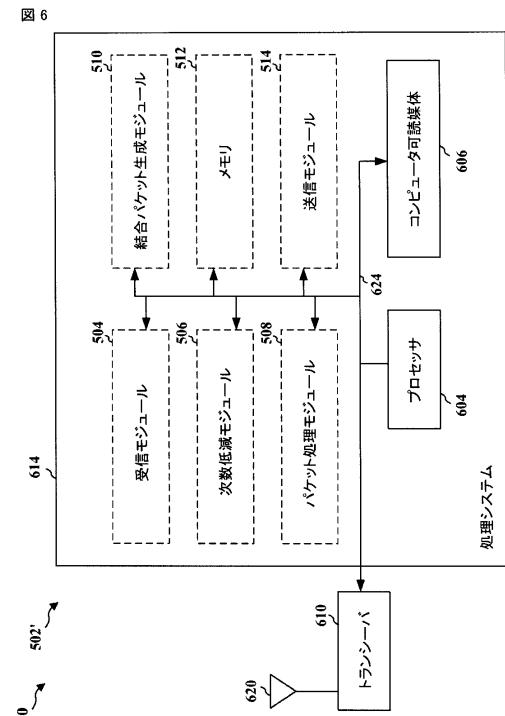


FIG. 6

---

フロントページの続き

(72)発明者 ジョーズ、ジュビン

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92121-1714、サン・ディエゴ、モアハウス・ドライブ 5775、クワアルコム・インコーポレイテッド気付

(72)発明者 リ、チョン

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92121-1714、サン・ディエゴ、モアハウス・ドライブ 5775、クワアルコム・インコーポレイテッド気付

(72)発明者 ウ、シンジョウ

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92121-1714、サン・ディエゴ、モアハウス・ドライブ 5775、クワアルコム・インコーポレイテッド気付

(72)発明者 スプラマニアン、サンダー

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92121-1714、サン・ディエゴ、モアハウス・ドライブ 5775、クワアルコム・インコーポレイテッド気付

審査官 谷岡 佳彦

(56)参考文献 Khaldoun Al Agha,et al. , Fountain Codes with XOR of Encoded Packets for Broadcasting and source independent backbone in Multi-hop Networks using Network Coding , Vehicular Technology Conference,2009.VTC Spring 2009 , 2009年 4月 , p.1-5

Shuang Tian,et al. , A Rateless Code for Dynamic Decode-and-Forward Relaying in Wireless Relay Networks , Wireless Communications and Networking conference(WCNC),2013 IEEE , 2013年 4月 , p.3551-3556

Hillary Tarus,et al. , Exploiting Redundancies to Improve Performance of LT Decoding , Communication Networks and Services Research Conference,2008.CNSR 2008.6th Annual , 2008年 5月 , p.198-202

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H 04 L 1 / 00

H 03 M 13 / 47