

(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2019-525657
(P2019-525657A)

(43) 公表日 **令和1年9月5日(2019.9.5)**

(51) Int. Cl.		F I	テーマコード (参考)
H03M 13/13 (2006.01)		H03M 13/13	5J065
H03M 13/29 (2006.01)		H03M 13/29	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2019-507853 (P2019-507853)	(71) 出願人	309012801 アルカテル ルセント ALCATEL LUCENT フランス国 91620 ノゼー, ルー ト ドゥ ヴィルジュスト, ノキア パ リス サクレー Nokia Paris Saclay, route de Villejust, 91620 Nozay, France
(86) (22) 出願日	平成29年8月14日 (2017.8.14)	(74) 代理人	100094112 弁理士 岡部 譲
(85) 翻訳文提出日	平成31年3月28日 (2019.3.28)	(74) 代理人	100106183 弁理士 吉澤 弘司
(86) 国際出願番号	PCT/IB2017/001237	(74) 代理人	100114915 弁理士 三村 治彦
(87) 国際公開番号	W02018/029542		
(87) 国際公開日	平成30年2月15日 (2018.2.15)		
(31) 優先権主張番号	201610667785.7		
(32) 優先日	平成28年8月12日 (2016.8.12)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	中国 (CN)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ポーラ符号を符号化し復号するための方法および装置

(57) 【要約】

本開示は、ポーラ符号のための最適化された符号化方法および復号方法、ならびに対応するエンコーダおよびデコーダを提供する。符号化方法は、フリービットおよび残りのビットを含む、エンコードされることになる入力ビットを提供するステップと、残りのビットを複数のフラグメントに分けるステップと、連結符号を提供するステップと、残りのビットの1つのフラグメントを連結符号に連結して、それによって連結されたフラグメントを形成する、連結するステップであって、一方残りは依然として連結されていないフラグメントである、連結するステップと、ポーラ符号を取得するために、フリービット、連結されたフラグメント、および連結されていないフラグメントに分極化符号化を実施するステップとを含む。

【選択図】 図9

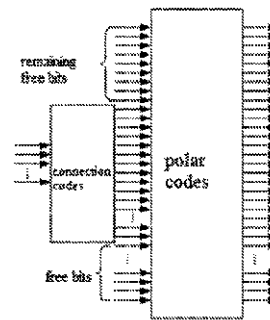


Fig. 9

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ポーラ符号のための符号化方法であって、

- a . フリービットおよび残りのビットを含む、エンコードされることになる入力ビットを提供するステップと、
- b . 前記残りのビットを複数のフラグメントに分けるステップと、
- c . 連結符号を提供するステップと、
- d . 前記残りのビットの1つのフラグメントを前記連結符号に連結して、それによって連結されたフラグメントを形成する、連結するステップであって、一方残りは依然として連結されていないフラグメントである、連結するステップと、
- e . 前記ポーラ符号を取得するために、前記フリービット、前記連結されたフラグメント、および前記連結されていないフラグメントに分極化符号化を実施するステップとを含む符号化方法。

10

【請求項 2】

前記連結符号に連結された前記フラグメントの長さが、前記フリービットよりも小さい、請求項 1 に記載の符号化方法。

【請求項 3】

前記連結符号の長さが、前記入力ビットの全部の長さよりも小さい、請求項 1 に記載の符号化方法。

【請求項 4】

ステップ b において、各フラグメントにおける異なるビットのビット誤り率が実質的に同一であり、前記連結符号が、そこに連結された前記フラグメントの前記ビット誤り率を削減するように構成されており、前記連結符号が、巡回冗長検査を必要とせず、オプションとして、前記連結されていないフラグメントが、分極化符号化時に送信側および受信側の両方に知られているプリセット・ビットに設定される、請求項 1 に記載の符号化方法。

20

【請求項 5】

ポーラ符号のための復号方法であって、

送信端から符号化された符号語を受信するステップであって、前記符号化された符号語が、連結符号およびポーラ符号を介して符号化されることになる入力ビットを符号化することによって生成される、受信するステップと、

30

前記入力ビットを復元するために、前記符号化された符号語を復号するステップとを含む復号方法。

【請求項 6】

前記送信端から指示を受信するステップであって、前記指示が、以下の項目、

- 前記送信端が前記ポーラ符号を符号化するために前記連結符号を使用するかどうか、
- 前記送信端において、前記入力ビットにおけるフリービット以外の残りのビットがいくつのフラグメントに分けられるか、
- 前記フラグメントの各々が前記連結符号に連結されているかどうか、
- 前記連結符号のタイプおよび該当する構成パラメータ、
- 前記連結符号の符号化率、および
- 各フラグメントの組み立て/インターリーブ方式、

40

のうちのいずれか1つを通知するためのものである、受信するステップを含む請求項 5 に記載の復号方法。

【請求項 7】

ポーラ符号のためのエンコーダであって、

フリービットおよび残りのビットを含む、エンコードされることになる入力ビットを提供するように構成された第1のユニットと、

前記残りのビットを複数のフラグメントに分けるように構成された第2のユニットと、連結符号を提供するように構成された第3のユニットと、

前記残りのビットの1つのフラグメントを前記連結符号に連結して、それによって連結

50

されたフラグメントを形成するように構成された第4のユニットであって、一方残りは依然として連結されていないフラグメントである、第4のユニットと、

前記ポーラ符号を取得するために、前記フリービット、前記連結されたフラグメント、および前記連結されていないフラグメントに分極化符号化を実施するように構成された第5のユニットとを含むエンコーダ。

【請求項8】

前記連結符号に連結された前記フラグメントの長さが、前記フリービットよりも小さい、請求項7に記載のエンコーダ。

【請求項9】

前記連結符号の長さが、前記入力ビットの全部の長さよりも小さい、請求項7に記載のエンコーダ。

【請求項10】

各フラグメントにおける異なるビットのビット誤り率が、実質的に同一である、請求項7に記載のエンコーダ。

【請求項11】

前記第3のユニットが、複数の異なる連結符号を提供するように構成されており、前記第4のユニットが、複数の異なる連結符号を前記残りのビットの複数の異なるフラグメントに連結して、複数の連結されたフラグメントを形成するように構成されており、一方残りは連結されていないフラグメントであり、前記連結符号が、そこに連結された前記フラグメントの前記ビット誤り率を削減するように構成されており、前記連結符号が、巡回冗長検査を必要とせず、前記連結されていないフラグメントが、分極化符号化時に送信側および受信側の両方に知られているプリセット・ビットに設定される、請求項7に記載のエンコーダ。

【請求項12】

ポーラ符号のためのデコーダであって、送信端から符号化された符号語を受信するように構成された第6のユニットであって、前記符号化された符号語が、連結符号および前記ポーラ符号を介して符号化されることになる入力ビットを符号化することによって生成される、第6のユニットと、前記入力ビットを復元するために、前記符号化された符号語を復号するように構成された第7のユニットとを含むデコーダ。

【請求項13】

前記送信端から指示を受信するように構成された第8のユニットであって、前記指示が、以下の項目、

- 前記送信端が前記ポーラ符号を符号化するために前記連結符号を使用するかどうか、
 - 前記送信端において、前記入力ビットにおけるフリービット以外の残りのビットがいくつのフラグメントに分けられるか、
 - 前記フラグメントの各々が前記連結符号に連結されているかどうか、
 - 前記連結符号のタイプおよび該当する構成パラメータ、
 - 前記連結符号の符号化率、および
 - 各フラグメントの組み立て/インターリーブ方式、
- のうちのいずれか1つを通知するためのものである、第8のユニットをさらに含む請求項12に記載のデコーダ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、ポーラ符号を符号化すること、および復号することに関し、より詳細には、小さなパケットの送信に都合よく、ポーラ符号を符号化し復号するための方法および装置に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

マシン・タイプ通信（MTC）は、5Gにおいて最も重要な論題の1つである。MTC UE（ユーザ機器）は、しばしば、単純かつバッテリー駆動式のデバイスであり、そのため、その複雑度およびバッテリー寿命は、この種のサービスをサポートするために不可欠な課題である。

【0003】

ポーラ符号は、トルコ、University of Bilkenの、Erdal Arıkan教授によって、2007年に提出され、公開されたその論文「Channel polarization: a method for constructing capacity achieving codes for symmetric binary-input memoryless channels」において最初に提唱され、この論文は、ポーラ符号が、対称性二元入力離散メモリレス通信路において極めて低い符号化および復号の複雑度（研究によれば、ターボ符号の1.5%のみ）でシャノン容量に到達する可能性があることを、理論上証明した。この論文の全体は、参照により本明細書に組み込まれており、本出願の説明に記載されるものとしてみなされるべきである。

【0004】

したがって、ポーラ符号は、5Gのための、特に5G MTCのための符号化方式の候補として定義される。

【0005】

しかしながら、ポーラ符号は、おそらく依然としていくつかの他の符号化方式よりも優れてはいるものの、小さなパケット（たとえば、100バイト以内（限定はしないが、数十ビットを含む））に対しては、かるうじて満足できる性能しか有さない。これを裏付けるのは、その実際の復号性能と理論値との間に依然として隔たりが存在することである。その理由は、ポーラ符号が、等価通信路がデコードを含むようにモデル化される、通信路分極（channel polarization）理論の上に成り立っていることである。復号後、エンコーダにパラレル入力されたビットは、通信路分極作用を経験することになる、すなわち、異なるビットは、異なる通信路容量を経験する。理想的には、いくつかのビットが誤りのない通信路を経験し、一方で他のビットはゼロ容量通信路を経験することになる。ポーラ符号および通信路分極についての詳細な理論は、Arıkan教授のこの論文において見出すことができる。

【0006】

図1は、最も単純な構成によるポーラ符号エンコーダの例を示している。この例において、 W は、通信路を表し、 $U = [U_1, U_2]$ は、入力されたビットを表し、 $X = [X_1, X_2]$ は、符号化された出力ビット（本明細書では、符号化された出力ビットを符号化されたビットともまた称する）を表す。そのため、通信路相互情報量は、 $I(Y; U) = I(Y; X)$ 、および $I(U_1, U_2; Y_1, Y_2) = I(X_1, X_2; Y_1, Y_2) = 2I(W)$ として表現される。

【0007】

通信路分極は、2つのステップ、すなわち、通信路結合および通信路分割によって行われる。通信路結合は、結合された通信路 W_N を形成し、一方で通信路分割は、結合された通信路 W_N に基づいて、 N 個の仮想通信路を再形成するプロセスである。これは、以下で表現される理論、すなわち、 $I(U_1, U_2; Y_1, Y_2) = I(U_1; Y_1, Y_2) + I(U_2; Y_1, Y_2, U_1)$ に基づいている。そのため、この例において、分割された通信路は、 $W^-(y_1, y_2 | u_1)$ および $W^+(y_1, y_2, u_1 | u_2)$ 、さらには、 $I(W^+) + I(W^-) = 2I(W)$ 、 $I(W^+) > I(W^-)$ である。これが、いわゆる分極作用である。図2に示すように、二元消失通信路（BEC）上の非常に大きなパケット（たとえば、図2の最も右における 2^{20} サイズの符号ブロック）の場合、理想的な通信路分極を達成することができる。

10

20

30

40

50

【0008】

しかしながら、やはり図2に示す、より小さな符号ブロック（たとえば、図の最も左に示す 2^4 サイズの符号ブロック）の場合、比較的理想的な通信路分極を達成することはできない。図3に示すAWGN（加算性白色ガウス雑音）通信路におけるBER（ビット誤り率）性能は、AWGN通信路における理想的でない分極作用が、BEC通信路においてはさらに深刻であることを示している。

【0009】

理想的には、容量がゼロである分割された通信路は凍結ビット用であり、一方容量の高い通信路はフリービット用である。その場合、符号化率は、 $R = N_{\text{frozen_bits}} / (N_{\text{frozen_bits}} + N_{\text{free_bits}})$ である。分極化を通して、分割された通信路は相互に独立しており、BLER（ブロック誤り率）は、

【数1】

$$\text{BLER} = 1 - \prod_{i=1}^{N_{\text{free_bits}}} (1 - \text{BER}_i)$$

によって推定することができる。

【0010】

しかしながら、実際には、フリービット用の通信路以外のビット通信路は、より小さなパケットの場合、実のところゼロ容量ではない。そうではなく、それらの容量は、フリービットを搬送する通信路の容量よりは依然として低いものの、かなり大きい。これは、通信路が使用されていない場合、通信路容量における無駄を意味する。しかしながら、これらの通信路がフリービットを搬送するために使用されている場合、対応する問題、すなわち、これらの通信路上に極めて高いビット誤り率が存在するためにデコーダが正しく復号できないという問題が生ずることになる。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0011】

【非特許文献1】Erdal Arıkan、「Channel polarization: a method for constructing capacity achieving codes for symmetric binary-input memoryless channels」、2007年

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

本開示の実施形態によれば、より小さなパケットを送信する際にとりわけ有利である、ポーラ符号を符号化し復号するための新規な解決策を提供することが望ましく、その理由は、解決策が、以前は容量が小さすぎるとされていた通信路を効果的に利用することができるからであり、したがって、より小さなパケットを送信するためにより高い通信路容量を提供する。同時に、かつさらに重要なことには、符号化または復号の複雑度を著しく増加させないことが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本開示の一態様による一実施形態は、ポーラ符号を符号化するための方法を提供し、方法は、フリービットおよび残りのビットを含む、エンコードされることとなる入力ビットを提供するステップと、残りのビットを複数のフラグメントに分けるステップと、連結符号を提供するステップと、残りのビットの1つのフラグメントを連結符号に連結して、それによって連結されたフラグメントを形成する、連結するステップであって、一方残りは依然として連結されていないフラグメントである、連結するステップと、ポーラ符号を取得するために、フリービット、連結されたフラグメント、および連結されていないフラグメントに分極化符号化を実施するステップとを含む。

【 0 0 1 4 】

オプションとして、連結されていないフラグメントは、分極化符号化時に両方の側に知られているプリセット・ビット（たとえば、0）を送信し、受信するように構成されている。

【 0 0 1 5 】

オプションとして、連結符号に連結されたフラグメントの長さは、フリービットよりも小さい。

【 0 0 1 6 】

オプションとして、連結符号の長さは、入力ビットの全部の長さよりも小さい。

【 0 0 1 7 】

オプションとして、ステップ b において、各フラグメントにおける異なるビットのビット誤り率は実質的に同一であり、連結符号は、そこに連結されたフラグメントのビット誤り率を削減するように構成されており、連結符号は、巡回冗長検査を必要としない。

【 0 0 1 8 】

連結されたフラグメントのビット誤り率は、フリービットの最も低いビット誤り率よりも高くない。

【 0 0 1 9 】

本開示の別の態様の一実施形態によれば、ポーラ符号を復号する方法が提供され、方法は、送信端から符号化された符号語を受信するステップであって、符号化された符号語は、連結符号およびポーラ符号を介して符号化されることになる入力ビットを符号化することによって生成される、受信するステップと、入力ビットを復元するために、符号化された符号語を復号するステップとを含む。

【 0 0 2 0 】

オプションとして、方法は、送信端から指示を受信するステップを含み、指示は、以下の項目：送信端がポーラ符号を符号化するために連結符号を使用するかどうか；送信端において、入力ビットにおけるフリービット以外の残りのビットがいくつのフラグメントに分けられるか；フラグメントの各々が連結符号に連結されているかどうか；連結符号のタイプおよび該当する構成パラメータ；連結符号の符号化率；各フラグメントの組み立て/インターリーブ方式、のうちのいずれか1つを通知するためのものである。

【 0 0 2 1 】

本開示のなおさらなる態様の一実施形態によれば、ポーラ符号のためのエンコーダが提供され、エンコーダは、フリービットおよび残りのビットを含む、エンコードされることになる入力ビットを提供するように構成された第1のユニットと、残りのビットを複数のフラグメントに分けるように構成された第2のユニットと、連結符号を提供するように構成された第3のユニットと、残りのビットの1つのフラグメントを連結符号に連結して、それによって連結されたフラグメントを形成するように構成された第4のユニットであって、一方残りは依然として連結されていないフラグメントである、第4のユニットと、ポーラ符号を取得するために、フリービット、連結されたフラグメント、および連結されていないフラグメントに分極化符号化を実施するように構成された第5のユニットとを含む。

【 0 0 2 2 】

オプションとして、連結されていないフラグメントは、分極化符号化時に両方の側に知られているプリセット・ビット（たとえば、0）を送信し、受信するように構成されている。

【 0 0 2 3 】

オプションとして、連結符号に連結されたフラグメントの長さは、フリービットよりも小さい。

【 0 0 2 4 】

オプションとして、連結符号の長さは、入力ビットの全部の長さよりも小さい。

【 0 0 2 5 】

オプションとして、各フラグメントにおける異なるビットのビット誤り率は、実質的に同一である。

【0026】

オプションとして、第3のユニットは、複数の異なる連結符号を提供するように構成されており、第4のユニットは、複数の異なる連結符号を残りのビットの複数の異なるフラグメントに連結して、複数の連結されたフラグメントを形成するように構成されており、一方残りは連結されていないフラグメントであり、連結符号は、そこに連結されたフラグメントのビット誤り率を削減するように構成されており、連結符号は、巡回冗長検査を必要としない。

【0027】

オプションとして、連結されたフラグメントのうちのいずれかのビット誤り率は、フリービットの最も低いビット誤り率よりも高くない。

【0028】

本開示のなおさらなる態様の一実施形態によれば、ポーラ符号のためのデコーダが提供され、デコーダは、送信端から符号化された符号語を受信するように構成された第6のユニットであって、符号化された符号語は、連結符号およびポーラ符号を介して符号化されることになる入力ビットを符号化することによって生成される、第6のユニットと、入力ビットを復元するために、符号化された符号語を復号するように構成された第7のユニットとを含む。

【0029】

オプションとして、デコーダは、送信端から指示を受信するように構成された第8のユニットをさらに含み、指示は、以下の項目：送信端がポーラ符号を符号化するために連結符号を使用するかどうか；送信端において、入力ビットにおけるフリービット以外の残りのビットがいくつのフラグメントに分けられるか；フラグメントの各々が連結符号に連結されているかどうか；連結符号のタイプおよび該当する構成パラメータ；連結符号の符号化率；各フラグメントの組み立て/インターリーブ方式、のうちのいずれか1つを通知するためのものである。

【0030】

先行技術と比較すると、本開示の実施形態は、以下の利点を有する。1. MTCを例にとると、ポーラ符号を用いてより小さなパケットを送信するときの通信路容量が高まる、2. 誤り率（ビット誤り率またはブロック誤り率）に支障がない、3. ポーラ符号の復号複雑度が、極めて低い度合いに維持される、4. 符号化複雑度が非常に低く、優れた拡張性を有し、それによって異なるパケット・サイズおよび符号化行列をサポートする。

【0031】

本開示の他の特徴、目的、および利点は、付属の図面を参照して、非限定的な実施形態の詳細な記述を読むことによって、より明らかとなるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】最も単純な構成によるポーラ符号エンコーダの概略図である。

【図2】二元消失通信路への先行技術による通信路分極作用を示す図である。

【図3】加算性白色ガウス雑音通信路への先行技術による通信路分極作用を示す図である。

【図4】図3の例におけるエンコーダの概略図である。

【図5】本開示の一実施形態による、ポーラ符号を符号化するための方法の流れ図である。

【図6】本開示の一実施形態による、ポーラ符号を復号するための方法の流れ図である。

【図7】本開示の一実施形態による、ポーラ符号エンコーダのブロック図である。

【図8】本開示の一実施形態による、ポーラ符号デコーダのブロック図である。

【図9】本開示の好ましい実施形態による符号構造の概略図である。

【図10】本開示の一実施形態による、ポーラ符号を符号化し復号するための方式のビッ

10

20

30

40

50

ト誤り率のシミュレーション結果の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0033】

図面全体を通して、同じまたは対応する参照番号は、同じまたは対応する部分を表す。

【0034】

例示的な実施形態をより詳細に議論する前に、いくつかの例示的な実施形態が、流れ図として表されるプロセスまたは方法として説明されることに留意されたい。流れ図は、さまざまな動作を順次処理として説明するものの、流れ図における多くの動作は、並行して、共に、または同時に実装されてもよい。その上、さまざまな動作のシーケンスは、再配置されてもよい。動作が完了するとき、処理を終結することができる。その上、図面には含まれていない追加のステップもまた含むことがある。処理は、方法、機能、仕様、サブ・ルーティン、サブ・プログラム、その他に対応することがある。

10

【0035】

本明細書における「コンピュータ・デバイス」（「コンピュータ」ともまた称される）は、所定のプログラムまたは命令を稼働することによって数値計算および/または論理計算などの所定の処理プロセスを実行することができる、プロセッサおよびメモリを含んでよいスマート電子デバイスを指し、ここで、プロセッサは、メモリにあらかじめ記憶されているプログラム命令を実行して所定の処理プロセスを実行する、または、ASIC、FPGA、およびDSPなどのハードウェアを使用して所定の処理プロセスを実行する、または上の2つの組合せによって実行する。コンピュータ・デバイスは、限定はしないが、サーバ、パーソナル・コンピュータ（PC）、ラップトップ・コンピュータ、タブレット・コンピュータ、スマートフォン、およびその他を含む。

20

【0036】

コンピュータ・デバイスは、たとえば、ユーザ機器およびネットワーク・デバイスを含む。とりわけ、ユーザ機器は、限定はしないが、パーソナル・コンピュータ（PC）、ラップトップ・コンピュータ、およびモバイル端末、その他を含む。モバイル端末は、限定はしないが、スマートフォン、PDA、およびその他を含む。ネットワーク・デバイスは、限定はしないが、単一のネットワーク・サーバ、複数のネットワーク・サーバからなるサーバ・グループ、またはクラウド・コンピューティングに基づいた大量のコンピュータもしくはネットワーク・サーバからなるクラウドを含み、ここで、クラウド・コンピューティングは、ある種の分散型コンピューティング、すなわち、疎結合されたコンピュータ・セットのグループからなるハイパーバイザである。とりわけ、コンピュータ・デバイスは、本開示を個々に実装するために動作することができる、または、ネットワークにおける他のコンピュータ・デバイスとの対話型動作を通して本開示を実装するためにネットワークにアクセスすることができる。とりわけ、コンピュータ・デバイスが位置するネットワークは、限定はしないが、インターネット、ワイド・エリア・ネットワーク、メトロポリタン・エリア・ネットワーク、ローカル・エリア・ネットワーク、VPNネットワーク、その他を含む。

30

【0037】

本明細書でのユーザ機器、ネットワーク・デバイス、およびネットワークは、例にすぎず、本開示に適用可能である場合、他の既存の、または将来場合により出現するコンピュータ・デバイスもしくはネットワークがまた、本開示の保護範囲内に含まれてもよく、それらは参照により本明細書に組み込まれることに留意する必要がある。

40

【0038】

以下で議論されることになる方法（そのうちのいくつかは流れ図を通して例証されることになる）は、ハードウェア、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、またはそれらの任意の組合せを通して実装されてよい。方法がソフトウェア、ファームウェア、ミドルウェア、またはマイクロコードを使用して実装されるとき、必須のタスクを実装するためのプログラム符号または符号セグメントは、コンピュータまたはコンピュータ可読媒体（たとえば、ストレージ媒体）に記憶されて

50

よい。(1つまたは複数の)プロセッサは、必須のタスクを実装することができる。

【0039】

本明細書で開示される特定の構造および機能上の詳細は、典型にすぎず、本開示の例示的な実施形態を説明することを意図している。さらに、本開示は、複数の代替モードによって具体的に実装されてもよく、本明細書で例証される実施形態のみに限定されるように解釈されるべきではない。

【0040】

それぞれのユニットを説明するために「第1の」および「第2の」のような用語が本明細書で使用されることがあるが、これらのユニットは、これらの用語によって限定されるべきではないことを理解されたい。これらの用語の使用は、あるユニットを別のユニットと区別するためのみである。たとえば、例示的な実施形態の範囲から逸脱することなく、第1のユニットは、第2のユニットと称されることがあり、同様に第2のユニットは、第1のユニットと称されることがある。本明細書で使用される用語「および/または」は、列挙された1つまたは複数の関連付けられた項目のうちの任意の、およびすべての組合せを含む。

【0041】

あるユニットが別のユニットに「連結される」または「つながれる」と称されるとき、そのユニットは、前記別のユニットに直接連結されても直接つながれてもよいし、または媒体ユニットが存在してもよいことを理解されたい。対照的に、あるユニットが別のユニットに「直接連結される」または「直接つながれる」と称されるとき、媒体ユニットは存在しない。ユニット間の関係を説明するための他の表現(たとえば、「...の間に位置する」に対して「...の間に直接位置する」、および「...に隣接して」に対して「...に直接隣接して」など)も同じやり方で解釈されるべきである。

【0042】

本明細書で使用される用語は、好ましい実施形態を説明するためのみであり、例示的な実施形態を限定するようには意図されない。別段指し示さない限り、本明細書で使用される単数形「a(n)」または「one」は、複数形もまた対象として含むように意図している。本明細書で使用される用語「含む(comprise)および/または(include)」は、特徴、完全体、ステップ、動作、ユニット、および/またはコンポーネントの存在を明記されるように限定し、しかし、1つもしくは複数の他の特徴、完全体、ステップ、動作、ユニット、コンポーネント、および/または組合せの存在または追加を排除するものではないこともまた理解されたい。

【0043】

いくつかの代替実装形態において、言及された機能/アクションが、図面に指し示されたものとは異なるシーケンスに従って発生することがあることもまた言及されるべきである。たとえば、関与する機能/アクションに応じて、2つの連続して指し示された図が、実際には実質的に同時に実行されてもよいし、または時に逆の順序で実行されてもよい。

【0044】

本開示の一実施形態によれば、その基本理念のうちの1つは、入力ビットのうちのフリービット以外の残りのビットのフラグメントを連結するために、より短い連結符号を使用することである。この連結符号は、好ましくは、入力ビットよりも短い長さを有し、その符号化された出力は、入力ビットの一部にのみ連結される。次いで、入力ビットにおける残りのビットが、BERに従って分割され、複数のフラグメントを形成する。

【0045】

特定のMCSについて、入力ビットにおけるフリービットおよび残りのビットを取得することができる。残りのビットについては、そのBERまたは通信路相互情報量を統計値または計算に基づいて取得することができる。残りのビットのBERまたは通信路相互情報量は、図3に示すように、段階的な構造をたどる。次いで、そのような構造に基づいて、残りのビットの異なるフラグメントを定義することができ、個々のフラグメントにおけるビットは、同様のBER性能を有する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

より短い連結符号は、分極化符号化時に、フラグメントのBER性能を向上させるために、これらのフラグメントのうちの少なくとも1つに連結されるためのものである。一例において、重複符号が使用されてもよい。特定の符号について、主に符号化率によって決定される復号性能が知られている。その場合、符号化率は、連結符号およびフラグメントによって形成された連結されたフラグメントのBERが、連結符号を使用しないフリービットの最低のBERよりも高くないように設計される。

【 0 0 4 7 】

具体的には、異なるフラグメントが、異なる連結符号に連結されてよい。異なるフラグメントの符号化率は、それらのBERに基づいて構成されている。したがって、それらの符号は、必ずしも同一ではなく、通常1よりも小さい。上で言及した、連結符号に連結されない、残りのビットの連結されていないフラグメントは、分極化符号化時に送信側および受信側の両方に知られているプリセット・ビットとして設定され、たとえば、0に設定される。連結符号を生成するために入力されるビットは、よりよい平均BER性能を取得するために、さらにグループ化されてよい。一例において、1/3の符号化率を用いる反復符号が使用され、ここで、ポーラ符号の1つのビットは高いBERを有し、一方でポーラ符号の2つのビットはより低いBERを有する。

10

【 0 0 4 8 】

オプションとして、連結されていないフラグメントは、分極化符号化時に送信側および受信側の両方に知られているプリセット・ビットに、たとえば、0に設定される。

20

【 0 0 4 9 】

本開示の少なくとも一例において、連結符号の目的は、残りのビットのフラグメントの一部のBER性能をもっぱら向上させることである。したがって、これらの連結符号は、巡回冗長検査(CRC)を有する必要がなく、これもまた、本開示の例の主要な特性である。CRCはかなりのオーバーヘッドを有するので、連結符号のためのCRCの必要性を解消することは、復号複雑度の低下を促進することになる。

【 0 0 5 0 】

一例において、送信端と受信端との間で使用される符号構造(連結符号が存在するかどうか、残りのビットをどのように分割するか、およびその他)は、固定されていてよい。別の例において、そのような符号構造は複合的であってもよく、すなわち、符号構造において、パラメータのある部分は固定されており、一方でパラメータの他の部分は動的に決定される。符号構造を受信端に指示するための、送信端またはネットワーク端のシグナリングは、限定はしないが、以下の情報: 連結符号が使用されるかどうか; 残りのビットがいくつのフラグメント(1からNまで)に分けられるか; 各フラグメントが連結符号に連結されているかどうか; 連結符号のタイプおよび該当する構成パラメータ; 連結符号の符号化率; ならびに各フラグメントの結合/インターリーブのやり方、を含むことができる。

30

【 0 0 5 1 】

一例において、シグナリングにおいて指示される情報は、ある定義においてあらかじめ定義されていても、および/または上位レベルのシグナリング、たとえば、RRCシグナリングを通して通知されてもよく、一方で、他の情報は、DCIメッセージによって動的に通知される。このやり方は、最初の送信および再送信に適用可能である。

40

【 0 0 5 2 】

受信端(たとえば、UE端)において、受信端は、情報を受信し、符号化された符号語を復号する。受信端は、繰り返し復号法を使用することができ、すなわち、最初にポーラ符号を復号し、次いで連結符号を復号し、最後にポーラ符号を復号する。ダウンリンク受信端、すなわちユーザ機器のデコーダの複雑度を削減するために、硬判定を使用して連結符号を復号することができる。

【 0 0 5 3 】

復号後、受信側は、以下のうちの少なくとも1つを、送信側にフィードバックすること

50

ができる。

- 連結符号の作用；
- 連結符号を使用するか、無効化するかの推奨；
- 好ましい、またはサポートされる連結符号化方式；
- 各連結符号の好ましい符号化率。

【 0 0 5 4 】

一例において、64のポーラ符号が、0.5の符号化率で使用される。入力ビットは、32のフリービット（以下、統一してフリービットと称する）と、32の残りのビット（以下、統一して残りのビットと称する）を含む。特定の信号対雑音比に対して、符号化率をさらに高めることはできない。高めた場合、BLEERは著しく悪化することになる。この例における符号構造は、図9に示されている。

10

【 0 0 5 5 】

ポーラ符号における各ビットのBERの観測は、ビット[8...22]が、同じフラグメント内にあるとみなされてよく、安定したBERを形成していることを示している。反復符号は、5つのビットを送信し、15のビットを出力するために使用されてよく、15の入力ビット、すなわち入力ビット[8...22]の位置に連結される。

【 0 0 5 6 】

受信端において、デコーダは、硬判定を使用してビットを生成するために、リスト・デコーダを使用して符号化された符号語を復号することを試みる。次いで、フラグメントの出力（すなわち、ビット[8...22]）が、反復符号デコーダを使用して復号されることになる。復号されたビットは次いで、フラグメントにおける対応する元の出力ビット、すなわち、ビット[8...22]を置き換えるために使用される。最後に、復号されたブロックがCRCで検査される。

20

【 0 0 5 7 】

図10は、本開示の一実施形態による、ポーラ符号を符号化し復号するための方式のビット誤り率の比較結果を示す。反復符号のBERは、フリービットのBERと同様か、フリービットのBERよりもさらにわずかに低く、効果的に削減されていることが見られる。シミュレーション結果は、BLEER全体が0.1487であり、本技法なしの最初の0.1457と比較してほぼ同じであることを示している。これは、BER性能がほとんど同じであり、しかし、より多くのビットを送信することができることを意味する。これが、本開示の主要な利益である。BLEERは、高度な短符号が使用された場合、さらに低くすることができる。

30

【 0 0 5 8 】

加えて、反復符号のエンコーディングおよび復号の複雑度は、多くの他の方式と比較して無視できるほどである。

【 0 0 5 9 】

図5～図8は、上の理念を実装するための符号化方法、エンコーダ、復号方法、およびデコーダの概略図を、それぞれ図面において示す。

【 0 0 6 0 】

図5は、本開示の一実施形態による、ポーラ符号を符号化するための方法の流れ図である。この例において、方法は、ステップS50～S58を含む。詳細には、フリービットおよび残りのビットを含む、符号化されることになる入力ビットが提供される。ステップS52で、残りのビットが複数のフラクシオンに分割される。ステップS54で、連結符号が提供される。ステップS56で、残りのビットの1つのフラグメントが連結符号に連結されて、連結されたフラグメントを形成し、一方残りのフラグメントは、連結されていないフラグメントである。最後に、ステップS58で、フリービット、連結されたフラグメント、および連結されていないフラグメントは、分極化符号化を施されて、ポーラ符号を取得する。

40

【 0 0 6 1 】

一例において、連結符号の長さは、入力ビットの全部の長さよりも小さい。

50

【 0 0 6 2 】

一例において、請求項 1 による符号化方法によれば、ステップ S 5 2 で、各フラグメントにおける異なるビットのビット誤り率は、実質的に同一である。

【 0 0 6 3 】

一例において、連結符号は、そこに連結されたフラグメントのビット誤り率を削減するように構成されており、連結符号は、巡回冗長検査を必要としない。

【 0 0 6 4 】

一例において、連結されたフラグメントのビット誤り率は、フリービットの最も低いビット誤り率よりも高くない。

【 0 0 6 5 】

図 6 は、本開示の一実施形態による、ポーラ符号を復号するための方法の流れ図であり、ステップ S 6 0 および S 6 2 を含む。詳細には、ステップ S 6 0 で、符号化された符号語が送信端から受信され、符号化された符号語は、連結符号およびポーラ符号を介して符号化されることになる入力ビットを符号化することによって生成される。ステップ S 6 2 で、入力ビットを復元するために、符号化された符号語が復号される。

【 0 0 6 6 】

方法は、別のステップ（図示せず）、すなわち、送信端から指示を受信するステップをさらに含み、指示は、以下の項目：送信端がポーラ符号を符号化するために連結符号を使用するかどうか；送信端において、入力ビットにおけるフリービット以外の残りのビットがいくつのフラグメントに分けられるか；フラグメントの各々が連結符号に連結されているかどうか；連結符号のタイプおよび該当する構成パラメータ；連結符号の符号化率；各フラグメントの組み立て/インターリーブ方式、のうちのいずれか 1 つを通知するためのものである。

【 0 0 6 7 】

図 7 は、本開示の一実施形態による、ポーラ符号エンコーダのブロック図であり、ポーラ符号エンコーダは、フリービットおよび残りのビットを含む、エンコードされることになる入力ビットを提供するように構成された第 1 のユニット 7 0 と、残りのビットを複数のフラグメントに分けるように構成された第 2 のユニット 7 2 と、連結符号を提供するように構成された第 3 のユニット 7 3 と、残りのビットの 1 つのフラグメントを連結符号に連結して、それによって連結されたフラグメントを形成するように構成された第 4 のユニット 7 4 であって、一方残りは依然として連結されていないフラグメントである、第 4 のユニット 7 4 と、ポーラ符号を取得するために、フリービット、連結されたフラグメント、および連結されていないフラグメントに分極化符号化を実施するように構成された第 5 のユニット 7 5 とを含む。

【 0 0 6 8 】

連結されていないフラグメントは、分極化符号化時に送信側および受信側の両方に知られているプリセット・ビットに、たとえば、0 に設定される。

【 0 0 6 9 】

一例において、連結符号の長さは、入力ビットの全部の長さよりも小さい。

【 0 0 7 0 】

一例において、各フラグメントにおける異なるビットのビット誤り率は、実質的に同一である。

【 0 0 7 1 】

一例において、第 3 のユニット 7 4 は、複数の異なる連結符号を提供するように構成されており、第 4 のユニット 7 6 は、複数の異なる連結符号を残りのビットの複数の異なるフラグメントに連結して、複数の連結されたフラグメントを形成するように構成されており、一方残りは連結されていないフラグメントである。

【 0 0 7 2 】

一例において、連結符号は、そこに連結されたフラグメントのビット誤り率を削減するように構成されており、連結符号は、巡回冗長検査を必要としない。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 3 】

一例において、連結されたフラグメントのうちのいずれかのビット誤り率は、フリービットの最も低いビット誤り率よりも高くない。

【 0 0 7 4 】

図 8 は、本開示の一実施形態による、ポーラ符号デコーダのブロック図であり、ポーラ符号デコーダは、送信端から符号化された符号語を受信するように構成された第 6 のユニット 8 0 であって、符号化された符号語が、連結符号およびポーラ符号を介して符号化されることになる入力ビットを符号化することによって生成される、第 6 のユニット 8 0 と、入力ビットを復元するために、符号化された符号語を復号するように構成された第 7 のユニット 8 0 とを含む。

10

【 0 0 7 5 】

一例において、デコーダは、送信端から指示を受信するように構成された第 8 のユニット（図示せず）をさらに含み、指示は、以下の項目：送信端がポーラ符号を符号化するために連結符号を使用するかどうか；送信端において、入力ビットにおけるフリービット以外の残りのビットがいくつのフラグメントに分けられるか；フラグメントの各々が連結符号に連結されているかどうか；連結符号のタイプおよび該当する構成パラメータ；連結符号の符号化率；各フラグメントの組み立て/インターリーブ方式、のうちのいずれか 1 つを通知するためのものである。

【 0 0 7 6 】

本発明は、ソフトウェアで、および/またはソフトウェアとハードウェアとの組合せで実装されてよいことに留意されたい。たとえば、本発明の各モジュールは、特定用途向け集積回路（ASIC）または任意の他の同様のハードウェア・デバイスによって実装されてよい。一実施形態において、本発明のソフトウェア・プログラムは、上で言及したようにステップまたは機能を実装するために、プロセッサを通して実行されてよい。同様に、本発明のソフトウェア・プログラム（該当するデータ構造を含む）は、コンピュータ可読記録媒体、たとえば、RAMメモリ、磁気もしくは光学ドライバ、またはソフト・フロッピーもしくは同様のデバイスに記憶されてもよい。加えて、本発明のいくつかのステップまたは機能は、ハードウェア、たとえば、さまざまな機能のステップを実装するためにプロセッサと協働する回路によって実装されてもよい。

20

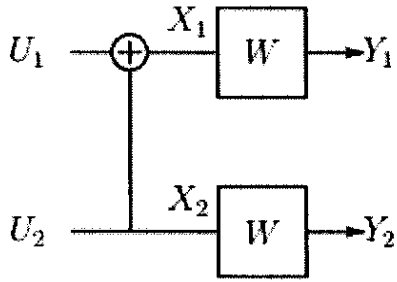
【 0 0 7 7 】

当業者には、本発明が上の例示的な実施形態の詳細に限定されないこと、および本発明が本発明の趣旨または基本的な特徴から逸脱せずに他の実施形態を用いて実装されてもよいことは明らかである。したがって、いずれにせよ、実施形態は、限定ではなく、例示としてみなされるべきであり、本発明の範囲は、上の記述ではなく、添付の特許請求の範囲によって限定される。したがって、特許請求の範囲の均等な要素の意味および範囲に入ることが意図されるすべての変形形態は、本発明内の対象として含まれるべきである。特許請求の範囲における参照記号は、関与する請求項を限定するものとしてみなされるべきではない。その上、用語「含む（comprise）」は他のユニットまたはステップを排除せず、単一性は複数性を排除しないことが明らかである。システム請求項に明記される複数のユニットまたはモジュールはまた、ソフトウェアまたはハードウェアを通して、単一のユニットまたはモジュールによって実装されてもよい。第 1 のおよび第 2 のなどの用語は、名称を指し示すために使用され、しかし任意の個別のシーケンスは指し示さない。

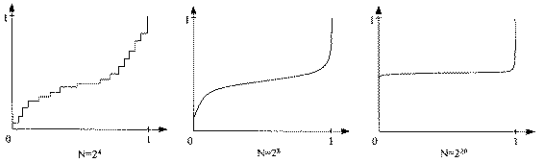
30

40

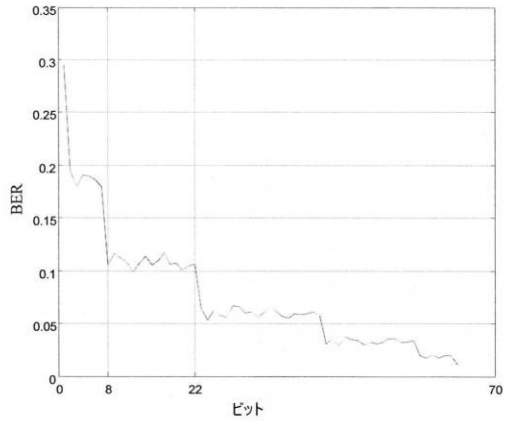
【図1】



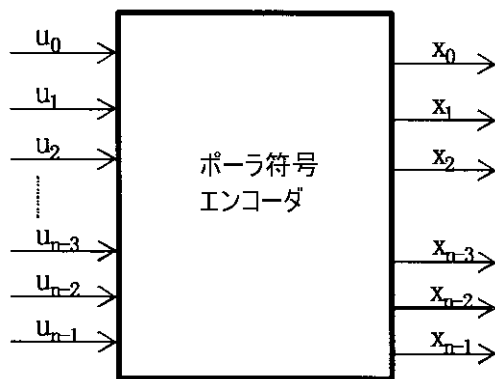
【図2】



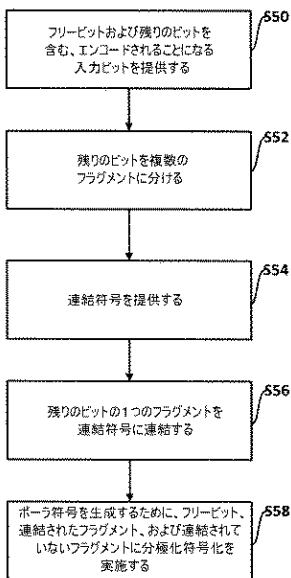
【図3】



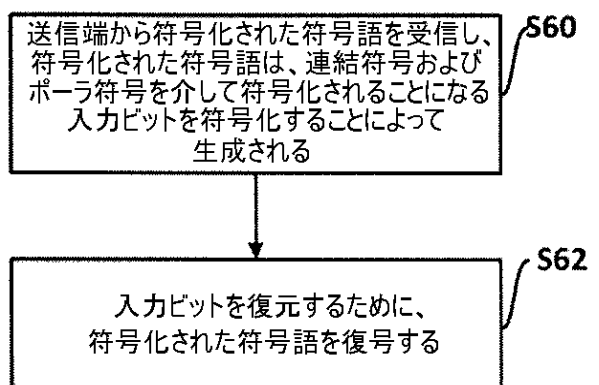
【図4】



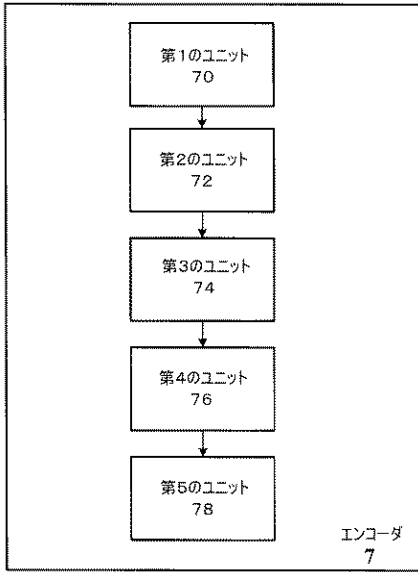
【図5】



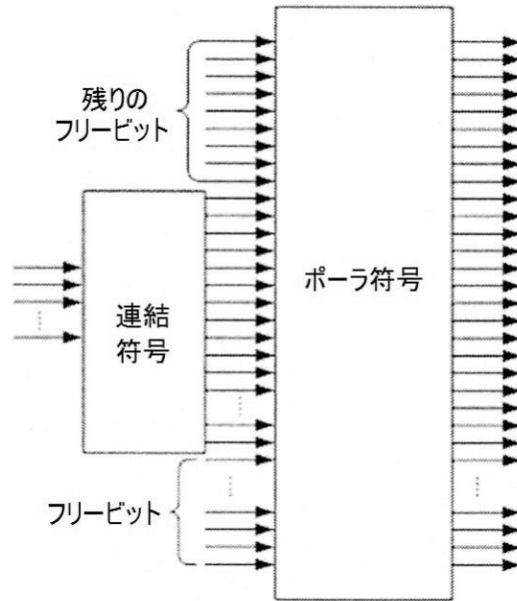
【図6】



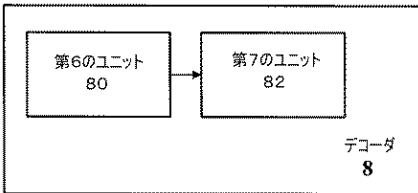
【図7】



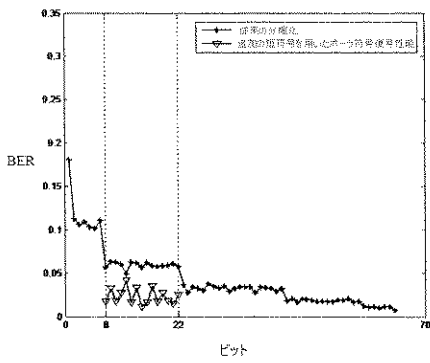
【図9】



【図8】



【図10】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/IB2017/001237

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H04L1/00 H04L1/08 ADD.												
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) H04L												
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched												
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC												
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT												
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.										
X	EP 2 849 377 A1 (HUAWEI TECH CO LTD [CN]) 18 March 2015 (2015-03-18) abstract paragraph [0021] - paragraph [0028] figures 2, 3, 4	1-13										
X	----- ZHOU HUAYI ET AL: "Segmented CRC-Aided SC List Polar Decoding", 2016 IEEE 83RD VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE (VTC SPRING), IEEE, 15 May 2016 (2016-05-15), pages 1-5, XP032918751, DOI: 10.1109/VTCSPRING.2016.7504469 [retrieved on 2016-07-05] abstract * sub-section III-D * figure 7 ----- -/--	1-13										
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.												
* Special categories of cited documents : <table border="0"> <tr> <td>*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td>*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</td> </tr> <tr> <td>*E* earlier application or patent but published on or after the international filing date</td> <td>*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</td> </tr> <tr> <td>*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)</td> <td>*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</td> </tr> <tr> <td>*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td> <td>*Z* document member of the same patent family</td> </tr> <tr> <td>*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> </tr> </table>			*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	*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	*E* earlier application or patent but published on or after the international filing date	*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	*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)	*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	*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	*Z* document member of the same patent family	*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	*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											
E earlier application or patent but published on or after the international filing date	*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											
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)	*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											
O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	*Z* document member of the same patent family											
P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed												
Date of the actual completion of the international search 17 January 2018		Date of mailing of the international search report 05/02/2018										
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Garrammone, Giuliano										

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/IB2017/001237

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>WO 2014/092502 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]; UNIV SUNGKYUNKWAN RES & BUS [KR]) 19 June 2014 (2014-06-19) abstract paragraph [0086] - paragraph [0087] figure 6</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-13
A	<p>GUO JIANFENG ET AL: "Multi-CRC Polar Codes and Their Applications", IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 20, no. 2, 1 February 2016 (2016-02-01), pages 212-215, XP011598246, ISSN: 1089-7798, DOI: 10.1109/LCOMM.2015.2508022 [retrieved on 2016-02-08] abstract *sub-section III-A * figure 1</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/IB2017/001237

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 2849377	A1	18-03-2015	CN 103516476 A	15-01-2014
			EP 2849377 A1	18-03-2015
			US 2015103947 A1	16-04-2015
			WO 2014000532 A1	03-01-2014

WO 2014092502	A1	19-06-2014	KR 20140077492 A	24-06-2014
			US 2014173376 A1	19-06-2014
			US 2017187396 A1	29-06-2017
			WO 2014092502 A1	19-06-2014

フロントページの続き

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

(74)代理人 100125139

弁理士 岡部 洋

(72)発明者 チェン, ヨ

中国 201206 シャンハイ, ブドン ジンチャオ, ニンチァオルー 388ハオ
Fターム(参考) 5J065 AD03 AE06