(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2008-502246
(P2008-502246A)
(43)公表日　平成20年1月24日(2008.1.24)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H04L 27/00	(2006.01)	H04L	27/00	B	5J065
H03M 13/29	(2006.01)	H03M	13/29		5K004

審査請求 未請求　予備審査請求 未請求　（全 22 頁）

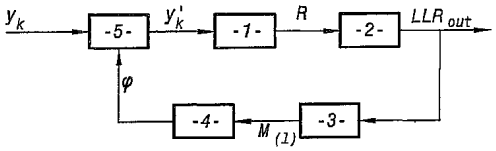
(21)出願番号	特願2007-526486 (P2007-526486)
(86)(22)出願日	平成17年6月1日 (2005.6.1)
(85)翻訳文提出日	平成19年2月1日 (2007.2.1)
(86)国際出願番号	PCT/FR2005/001350
(87)国際公開番号	WO2006/005835
(87)国際公開日	平成18年1月19日 (2006.1.19)
(31)優先権主張番号	0406290
(32)優先日	平成16年6月10日 (2004.6.10)
(33)優先権主張国	フランス(FR)

(71)出願人　501089863
サントル　ナシオナル　ドゥ　ラ　ルシェルシェサイアンティフィク（セエヌエールエス）
フランス国，エフ－７５０１６　パリ，リュ　ミッシェル　アンジュ３
(71)出願人　506410039
アンスティテュ　ナシオナル　ポリテクニク　ドゥ　グルノーブル
フランス国，エフ－３８０００　グルノーブル，アブニュ　フェリ－ビアレ，４６
(74)代理人　100099759
弁理士　青木　篤
(74)代理人　100092624
弁理士　鶴田　準一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ターボ復号化器の位相シフトの補償システム

(57)【要約】
本発明は、ターボ符号化変調送信器により送信される信号のターボ符号受信システムに関するもので、以下の特徴を持つ。：ソフトデマッパー（１）の出力は、ターボ復号器（２）に接続され、更に適応ロックループを有している。この適応ロックループは以下の構成を有している。：測定生成器（３）の入力はターボ復号器の出力に接続され、結果の信頼性ベクトル（LLR_{out}）を受信し、前記ベクトルをワードビットの最低信頼地の平均に等しい信頼性測定（M（I））に変換し、位相シフト推定器（４）に送信する。その出力は、ソフトデマッパーの上流側に配置され、位相値（φ）の入力信号を補正する位相補償器（５）に接続される。
【選択図】図３



【特許請求の範囲】
【請求項１】
送信システムにより発せられる信号のためのターボコード受信システムであって、前記信号は前記送信器によりターボ符号化及びデジタル変調されるものであり、前記システムは以下を有している。
－変調信号を受信し、それを一連のワードに変換することのできるソフトデマッパー（１）。但し、各ワードはｎビットで構成されており、各ビットはビットの値の信頼性値に関係しており、その出力は、次のものに接続されており、
－複合化されたデジタルデータ並びに各ワードに関連する結果の信頼性ベクトル（ＬＬＲout）に対応するワードのリストを生成することができるターボ復号器（２）。このターボ復号器（２）は、反復ＳＩＳＯ復号器からなるブロックターボ復号器であり、ＳＩＳＯ復号器の入力（Ｒｍ）は、“ソフト デマッパーの出力における信頼性値のベクトル（Ｒ）”+“係数（α）と先行する反復におけるＳＩＳＯ復号器の出力（Ｒ′ｍ）と、ソフト デマッパーの出力における信頼性値の前記ベクトル（Ｒ）との差”に等しい。
及び、以下を有する適応サーボループを有し、
－測定生成器（３）。その入力は、その結果の信頼性ベクトル（ＬＬＲout）を受信するために、ターボ復号器の出力に接続されており、このベクトルを信頼性測定（Ｍ（Ｉ））に変換することができる。但し、信頼性測定（Ｍ（Ｉ））は前記ワードの複数ビットの最低信頼性値の平均に等しく、以下に送信され、
－受信された信頼性測定（Ｍ（Ｉ））に対応する位相と、この測定の最大値に対応する位相との差を算出することのできる位相シフト推定器（４）。その出力は次に接続する。
－前記ソフトデマッパーのアップストリームに位置し、前記推定器により算出された位相値（φ）の入力信号を補正することのできる位相補償器（５）。
【請求項２】
送信システムにより発せられる信号のためのターボコード受信システムであって、前記信号は前記送信器によりターボ符号化及びデジタル変調されるものであり、前記システムは以下を有している。
－変調信号を受信し、それを一連のワードに変換することのできるソフトデマッパー（１）。但し、各ワードはｎビットで構成されており、各ビットはビットの値の信頼性値に関係しており、その出力は、次のものに接続されており、
－複合化されたデジタルデータ並びに各ワードに関連する結果の信頼性ベクトル（ＬＬＲout）に対応するワードのリストを生成することができるターボ復号器（２）、
及び、以下を有する適応サーボループを有し、
－測定生成器（３）。その入力は、その結果の信頼性ベクトル（ＬＬＲout）を受信するために、ターボ復号器の出力に接続されており、このベクトルを信頼性測定（Ｍ（Ｉ））に変換することができる。但し、信頼性測定（Ｍ（Ｉ））は前記ワードの複数ビットの最低信頼性値の平均に等しく、以下に送信され、
－受信された信頼性測定（Ｍ（Ｉ））に対応する位相と、この測定の最大値に対応する位相との差を算出することのできる位相シフト推定器（４）。その出力は次に接続する。
－前記ソフトデマッパーのアップストリームに位置し、前記推定器により算出された位相値（φ）の入力信号を補正することのできる位相補償器（５）。
【請求項３】
前記信頼性値（Ｍ（Ｉ））は実質的に所定値以下の信頼性値の平均に等しい請求項１又は２に記載されたターボコード受信システム。
【請求項４】
位相シフト推定器（４）は信頼性測定（Ｍ（Ｉ））が位相シフトのパラボラ関数（para

bolic function）であることを仮定して位相シフトを推定することを特徴とする請求項１ないし３の何れか一項記載のターボコード受信システム。

【請求項５】

位相シフト推定器（４）は先行するコードワードに対する推定（ϕ_0）と重み付け定数（$\Delta\phi$）との和として位相シフトを推定することを特徴とする請求項４に記載のターボコード受信システム。但し、計算インターバルは、その中心として、先行するコードワードに対する推定（ϕ_0）を持ち、その定数（$\Delta\phi$）の半分の幅として定数($\Delta\phi$)を持ち、

前記定数は、計算インターバルの終端における複数の信頼性値（M（ϕ_1）、M（ϕ_2））の差と、先行する推定における信頼性値M（ϕ_0）の４倍との比により重み付けされている。なお、先行する推定における信頼性値M（ϕ_0）の４倍は、計算インターバルの終端における複数の信頼性値の和の２倍より小さい。

【請求項６】

変調はＱＡＭ変調である請求項１ないし５の何れか一項に記載のターボコード受信システム。

【請求項７】

デスクランブラー（９）又はデインターリーバがソフトデマッパー（１）とターボ復号器（２）の間に挿入される請求項１ないし６の何れか一項に記載のターボコード受信システム。

【請求項８】

前記システムは請求項１ないし７の何れか一項に記載の受信システムを有するバイナリデジタルデータ ストリームを送信するシステム。

【請求項９】

スクランブラ（６）又はインターリーバが、チャネルコーダ（７）とモジュレータ（８）との間に挿入され、デモジュレータ（９）又はデインターリーバはデマッパー（１）とターボ復号器（２）との間に挿入される請求項８に記載のバイナリデジタルデータストリームを送信するシステム。

【請求項１０】

ターボ符号化され、変調されたデジタル信号を受信するための、次のステップを有する方法。

ａ）変調のコンステレーションの要素を受信するステップ、

ｂ）ｎビットのワードを取得するためにこの要素をソフトデマッパーするステップ、但し、各ビットはこのビットの値の信頼性値に関係している。

ｃ）ｎビットのこのワードをターボ復号化し、復号化されたデジタルデータ及び各ワードビットの信頼性値を有するこの結果の信頼性ベクトルに対応する別のワードを供給するステップ。但し、このターボ復号化は反復SISO復号化を有するブロック ターボ復号化であって、SISO復号化の入力は“ソフトデマッピングの出力における信頼性値と係数の積のベクトル”+“先行する反復におけるSISO復号の出力とソフトデマッピングの出力における信頼性値の前記ベクトルとの差”に等しい。

ｄ）ワードビットの最低信頼性値の平均に等しい信頼性測定を測定するステップ、

e)受信された信頼性測定に対応する位相と、この測定の最大値に対応する位相との差を算出して位相シフトを推定するステップ、

ｆ）前記変調信号を受信したとき推定された位相シフトにより補償するステップ。

【請求項１１】

スタートアップ時に、位相シフト推定は信頼性測定のローブ幅の半分に等しいピッチで位相の空間をスキャンすることを特徴とする請求項１０に記載されたターボ符号化され変調されたデジタル信号を受信する方法。

【請求項１２】

請求項１０又は１１に記載されたターボ符号化され変調されたデジタル信号を受信する方法であって、受信された各ワードに対し、ステップｂ）乃至ｆ）が位相シフト推定として、以下を使いながら反復されることを特徴とする方法。

－先行するワードの位相シフト推定、
－“先行するワードの位相シフト推定－所定値”
－“先行するワードの位相シフト推定+所定値”
更に、位相シフト推定は、先行するコードワードの推定（ϕ_0）と重み付けされた定数(Δφ)の和として計算されたものであり、計算インターバルは先行するコードワードの推定（ϕ_0）を中心にして、その半分の幅として定数（Δφ）が定義され、
前記定数は、計算インターバルの終端における複数の信頼性値（M（ϕ_1）、M（ϕ_2））の差と、先行する推定における信頼性値M（ϕ_0）の４倍との比により重み付けされている。なお、先行する推定における信頼性値M（ϕ_0）の４倍は、計算インターバルの終端における複数の信頼性値の和の２倍より小さく、復号されたデジタルデータに対応するワードを得るためにステップｂ）とｃ）が実行される。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明はブロック ターボ復号化器の位相シフトの補償システムに関する。
【背景技術】
【０００２】
現在、ターボ符号はフォワードエラー訂正（FEC）のための最も有効な符号化スキームと考えられている。
【０００３】
ターボ符号の原理は、最初にGeneva ICC‘93 Conference で C.Berrou, A.Glavieru andThitimajshima氏により紹介された。この文書は、非一様なインテーリーバを介して並列につながれた、２つの畳込み符号の反復復号化を紹介している。復号化は、ＭＡＰ（maximum a posterioi）アルゴリズムに基づくＳＩＳＯ（soft input/sofut output）復号化器により行われる。
【０００４】
１９９３年のEPO 0 654 910（France Telecomに特許されたもので、この引用によりここに組み込まれる）には、ブロック符号に基づくターボ符号が説明されている。このターボ符号は、一様なインターリーバを介して直列に接続された２つのBCH（Bosc-Hacquenghe im-Chaudhuri）符号を使っている。この復号化はブロック符号に適応した新たなＳＩＳＯ復号化器を使っている。この復号化アルゴリズムはPyndiahアルゴリズムとして公知である。
【０００５】
ターボ符号は、Shannonの定理の限界に近い、高いパフォーマンスレベルを持つ。
【０００６】
しかし、それらのためには最適な受信同期が必要である。又、これが低いＳＮ比を持つ信号の場合には、これら復号化アルゴリズムを使用する分野では現実的ではない。
【０００７】
OhとCheunは、位相エラーはビットエラーレート（BER）の悪化を導くことを指摘した（“Joint Decoding and Carrier Phase Recovery Algorithm for Turbo Codes”, Wangrok Oh and Kyungwhoon Cheun,IEEE Communications Letter,Vol.5,No.9, 2001年9月、375頁）。
【０００８】
OhとCheunは、更に、この論文で、復号化器で補償される位相シフトを可能とする適応形サーボループ装置について説明している。この補償は復号化器の固有値（intrinsic values）の推定電力又は、第２復号化器の出力における対数類似の比（logarithmic likelihoood ratios）の推定電力から算出される。
【０００９】
OhとCheunは、畳込みターボ復号化の例を挙げたが、ブロックターボ符号、特に、Pyndiah復号化器に対する問題は依然として存在する。

【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【００１０】
本発明の目的は、位相シフト抵抗ブロック（a phase shift-resistantblock）のターボ復号化器を得ることである。
【課題を解決するための手段】
【００１１】
従って、本発明は送信器システムにより送信された信号のためのターボ符号受信器システムに関する。前記信号は、送信器によりターボ符号化及びデジタル変調されるものである。前記システムは次のものを有している。
【００１２】
－ソフトデマッパー（ａ soft demapper）。このデマッパーは前記変調信号を受信し、それを１つのシーケンスのワードに変換することができる。このワードはｎビットで構成されており、各ビットはビット値の信頼値に関係している。このデマッパーの出力は次のターボ符号化器(turbocoder)に接続されている。
【００１３】
－ターボ符号化器は、複合化されたデジタルデータ、ならびに各ワードに関連する結果の信頼性ベクトル（ＬＬＲout）に対応し、各ワードビットの信頼性値を含むワードのリストを生成することができる。このターボ符号化器は反復SISO復号化器を含むブロックターボ符号化器であり、前記SISO復号化器の入力（Rm）は、“前記ソフトデマッパーの出力における信頼性値”＋“係数（α）及び前記反復におけるSISO復号化器の出力（R’m）と前記ソフトデマッパーの出力における信頼性値の前記ベクトル（R）との差の積”に等しい。
【００１４】
更に、次の適応サーボループを有する。但し、この適応サーボループは以下のものを有している。
－測定生成器（a measurement generator）。その入力は、前記結果の信頼性ベクトル（LLRout）を受信し、前記ベクトルを信頼性測定（Ｍ（Ｉ））に変換できるようにするために前記ターボ復号化器の出力に接続されている。前記信頼性測定（Ｍ（Ｉ））はワードビット（word bits）の最低信頼値の平均に等しい。
【００１５】
－受信された信頼性測定（Ｍ（Ｉ））に対応する位相と、この測定の最大値に対応する位相との差を算出することのできる位相シフト推定器。その出力は次に接続する。
【００１６】
－前記ソフトデマッパーのアップストリームに位置し、前記推定器により算出された位相値（φ）の入力信号を補正することのできる位相補償器（５）。
【００１７】
特定の実施例により、システムは１つ又は複数の次の特徴を有する。
【００１８】
－信頼性測定（Ｍ（Ｉ））は前記ワードの複数ビットの最低信頼性値の平均に等しい。
－位相シフト推定器は信頼性測定（Ｍ（Ｉ））が位相シフトのパラボラ関数（parabolic function）であることを仮定して位相シフトを推定する。
－位相シフト推定器は先行するコードワードに対する推定（ϕ_0）と重み付け定数（Δφ）との和として位相シフトを推定する。但し、計算インターバルは、その中心として、先行するコードワードに対する推定（ϕ_0）を持ち、その定数（Δφ）の半分の幅として定数(Δφ)を持ち、
前記定数は、計算インターバルの終端における複数の信頼性値（Ｍ（ϕ_1）、Ｍ（ϕ_2））の差と、先行する推定における信頼性値Ｍ（ϕ_0）の４倍との比により重み付けされている。なお、先行する推定における信頼性値Ｍ（ϕ_0）の４倍は、計算インターバルの終端における複数の信頼性値の和の２倍より小さい。

【００１９】
－変調はQAM変調である、
－デモジュレータ又はデインターリーバはデマッパーとターボ復号化器との間に挿入されている。
－バイナリ デジタルデータ ストリームを送信するシステムは受信システムを有している。
－スクランブラ又はインターリーバが、チャネルコーダ（７）とモジュレータ（８）との間に挿入されている。
【００２０】
本発明はターボ符号化され、変調された、デジタル信号を受信するための、以下のステップを有する方法に関する。
【００２１】
ａ）変調のコンステレーションの要素を受信するステップ、
ｂ）ｎビットのワードを取得するためにこの要素をソフトデマッパーするステップ、但し、各ビットはこのビットの値の信頼性値に関係している。
ｃ）ｎビットのこのワードをターボ復号化し、復号化されたデジタルデータ及び各ワードビットの信頼性値を有するこの結果の信頼性ベクトルに対応する別のワードを供給するステップ。但し、このターボ復号化は反復SISO復号化を有するブロック ターボ復号化であって、SISO復号化の入力は“ソフトデマッピングの出力における信頼性値と係数の積のベクトル”+“先行する反復におけるSISO復号の出力とソフトデマッピングの出力における信頼性値の前記ベクトルとの差”に等しい。
【００２２】
ｄ）ワードビットの最低信頼性値の平均に等しい信頼性測定を測定するステップ、
ｅ）受信された信頼性測定に対応する位相と、この測定の最大値に対応する位相との差を算出して位相シフトを推定するステップ、
ｆ）前記変調信号を受信したとき推定された位相シフトにより補償するステップ。
【００２３】
－スタートアップ時に、位相シフト推定は信頼性測定のローブ幅の半分に等しいピッチで位相の空間をスキャンする。
－受信された各ワードに対し、ステップｂ）乃至ｆ）が位相シフト推定として、以下を使いながら反復される。
－先行するワードの位相シフト推定、
－“先行するワードの位相シフト推定－所定値”
－“先行するワードの位相シフト推定+所定値”
【００２４】
更に、位相シフト推定は、先行するコードワードの推定（ϕ_0）と重み付けされた定数($\Delta\phi$)の和として計算されたものであり、計算インターバルは先行するコードワードの推定（ϕ_0）を中心にして、その半分の幅として定数（$\Delta\phi$）が定義され、
前記定数は、計算インターバルの終端における複数の信頼性値（M（ϕ_1）、M（ϕ_2））の差と、先行する推定における信頼性値M（ϕ_0）の４倍との比により重み付けされている。なお、先行する推定における信頼性値M（ϕ_0）の４倍は、計算インターバルの終端における複数の信頼性値の和の２倍より小さく、復号されたデジタルデータに対応する。
【００２５】
本発明は以下の説明と図面を参照して、より理解することができる。この説明は単なる例示として示すものである。
【発明を実施するための最良の形態】
【００２６】
一般的に、チャンネル符号化の目的は、冗長度要素を取込むことである。この冗長度要素を取込むことにより、伝送ノイズがあっても、送信データをこの要素を受信して再構成

することを可能にする。以下の例において、チャネル符号化は、BCH（３２、２６，４）２で表記されるパリティビットで拡張されたハミングBCHコードから構成されるコードである。

【００２７】

一旦、冗長度符号化が行われてから、データは送信前に変調される。

【００２８】

直交振幅変調（ＱＡＭ）は現在広く使われている信号変調法である。

【００２９】

以下の説明は単なる例示であって、このタイプの変調に基礎を置く。当業者は、説明された実施例を、位相シフトキーイング（ＰＳＫ）又は最小シフトキーイング（ＭＳＫ）変調等の異なる変調に変形することは容易にできる。

【００３０】

ＱＡＭ変調は振幅変調と位相シフト変調の組合せである。この変調は、ビットのストリームの形態であるデータストリームをｎビットの複数ブロックに分布させるものである。従って、変調2^n－ＱＡＭを定義するのに、2^nの可能な組合せが存在する。2^nワードは、変調を定義する振幅/位相シフトの全ての組合せに亘って分布している。この分布はＱＡＭコンステレーションと呼ばれている。従来から、この分布は複素面、図１で表現されている。図１では、各ワードa_kは点で表わされている。その点の原点からの距離は振幅を表わし、ｘ軸に対する角度は位相シフトを表わしている。

【００３１】

受信すると、サンプリング時の最適推定があり、キャリア位相でのエラーが１つだけであると仮定すると、このエラーは、この位相シフトに対応する角度分のＱＡＭコンステレーションの回転に対応する。この回転が最終検出シンボル値のエラーを生成することができることは容易に理解できるであろう。

【００３２】

この位相エラーはバイナリ エラー レート（ＢＥＲ）の増加を起こす。２degreeの位相エラーはこのエラーレートを100倍にすることに注意すべきである。

【００３３】

もしy_kが受信シンボルでa_kが送信ＱＡＭシンボルであるならば、

$$y_k = a_k e^{j\phi_k} + n_k \qquad (1)$$

但し、n_kはガウス雑音でありϕ_kはキャリアフェーズ上のエラーにより誘導された位相回転である。ϕ_kは、シンボルａｋの伝送時間の間、一定であると考えられる。信号ジッタが低周波擾乱であると考えられる限り、この仮定は、ほぼ常に正しい。

【００３４】

従って、システム（図３）はソフトデマッパー１の入力におけるシンボルy_kを取り戻す。

【００３５】

ソフトデマッパー１はコンステレーション毎に１ワードと、その結果の信頼性に対応する１つの値を供給する。換言すれば、デマッパー１は、１ペア（振幅、位相シフト）をｎビットの１ワードに変換する操作を行う。

【００３６】

しかしながら、ノイズと位相回転のために、y_kは事実上、最も近いシンボルから所定距離だけ離れている。

【００３７】

Λ(ej)をビットｅｊのlog－likelihoodの比、即ち、log－likelihood ratio(LLR)であるとしよう。

【００３８】

【数１】

$$\Lambda(e_j) = Ln\left[\frac{P\left(\frac{e_j=+1}{R}\right)}{P\left(\frac{e_j=-1}{R}\right)}\right] \qquad (2)$$

【００３９】
但し、Ｐ｛ｅｊ＝ε/Ｒ｝、ε＝±１は、ビットｅｊが写像された値εに対応する条件確率を意味する。Ｒは受信コードワードで、Ｌｎはネピア対数を意味する。
【００４０】
また、もしｅｊが１に等しいという確率がｅｊが０に等しいという確率より大きいならば、Λ(ej)は正である。又、逆の場合は、Λ(ej)は負である。
【００４１】
従来から、log－likelihoodは結果の信頼性度として使われている。
このように、ソフトデマッパー１は出力点で、復調されたワードの各ビットＬＬＲｓのベクトルを提供する。
【００４２】
このベクトルＲはターボ復号化器２の入力において供給される。前記復号化器は、チャネル符号化の間に生成された冗長度を使って、その出力において、結果の信頼性を推定するために、復号されたワード及びＬＬＲｏｕｔを生成する。
【００４３】
位相シフトの訂正に適応するサーボループを形成するために、ターボ復号化器２が生成したＬＬＲoutｓが、測定生成器３の入力パラメータとして導入される。この生成器は全てのＬＬＲoutｓを、復号化されたワードIの信頼度を表わす測定Ｍ（Ｉ）に変換する。
【００４４】
以下に説明するように、Ｍ（Ｉ）は２つのパラメータに従属する関数である：復号化されるワード及び位相シフトであり、その完全なノーテーションはＭ（Ｉ，φ）である。しかしながら、ノーテーションを単純にし、関係パラメータを強調するために、それが対象のワードに関係するＭの変形である時にはノーテーション$M^{(I)}$が使われるし、それが検討される位相シフトに関係するＭの変形である場合には、Ｍ（φ）が使われる。
【００４５】
この測定（measurement）は位相シフト推定器４により使われ、５で入力信号から引算する推定位相シフトφを算出する。
ターボ復号化器２はPyndiahタイプの反復アルゴリズムを使う。
Pyndiah復号化器（図４）はSISO(soft in /soft out)復号を用いる。
【００４６】
SISOアルゴリズムは、入力でビット（又はソフト値）の確率を使って復号化された出力ビットの別の確率を生成する複数のアルゴリズムクラスの部分である。それらは、受信データについての硬判定（hard decision）を行う硬入力（HI: hard input）復号化器タイプのアルゴリズムとは異なるものである。即ち、それらは、復号基準に従って、０と１における値を固定する
【００４７】
仮のＲ（ｉ）がSISOアルゴリズムの入力であり、前記したようにＲ′(i)がhalf-iterationIにおける出力である場合、Ｒはソフトデマッパー（従ってＲ（１）＝Ｒ）の出力にお

けるＬＬＲｓのベクトルであり、又、次のSISOループｉ+１の入力は次の式により定義される

Ｒ（i+１）＝Ｒ+α（ｉ）（Ｒ`(i)－R(i)）　　（３）

システムはこのアルゴリズム（図５）を変更できるから、

Ｒ（i+１）＝Ｒ+α（ｉ）（Ｒ`(i)－R(i)）　　（４）

【００４８】

このように、ＳＩＳＯ復号化器の入力は“前記ソフトデマッパーの出力における信頼性値のベクトルＲ”＋“係数（α）及び前記反復Ｒ‘(i)におけるSISO復号化器の出力と前記ソフトデマッパーの出力における信頼性値の前記ベクトル（R）との差の積”に等しい。この式において、α(i)は実験的に決められた収束係数である。

【００４９】

この実装の利点は、測定Ｍ(I)の変化を円滑にすることである。従って、以下に説明するように、位相シフト推定が更に容易に算出できる。この円滑化ができる理由は、先行する復号化により供給される全ての情報が次の復号化において影響を与えるからである。

【００５０】

式（１）によりモデル化されているように、キャリアの位相シフトは送信ワードに対するユークリッド距離を増加させる。従って、ターボ復号化器の出力において信頼性値が減少し、エラーの危険性が増加する。

【００５１】

出願人は、最低の信頼性値はこの現象に極めてセンシティブであることと理解している（図６）。

【００５２】

高い信頼性に対して、その大きさの程度は、同期が有る無しに拘らず、実質的に一定である：幾つかのビットは同期が弱くても、依然として収束する。

【００５３】

他方、位相シフトが増加すると、最低の信頼性値は０に近づく。従ってそれらはこのシフトにセンシティブで、このシフトの訂正のために関連する情報を提供する。従って、図６で理解されるように、１．５より小さい信頼性値の分布はこの位相エラーに大きく依存する。

【００５４】

この分布の測定をＭ(i)と表記するが、この分布は、第Ｉ番に受信されたコードワードの復号化の終わりにおける最低の信頼性値の平均を表わす。

【００５５】

【数２】

$$M(l)=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\left|LLRM_k^{(l)}\right| \qquad (5)$$

【００５６】

但し、ｎはコード長より小さい整数である、ＬＬＲＭ(Ｉ)は対象のワードの第ｎ番に低い信頼性値を含むベクトルである。

【００５７】

数ｎは、平均における十分なターム数と高い信頼性値により提供される擾乱との間の妥協をするために、当業者が選択する数である。

【００５８】

同等な選択方法は、信頼性値が平均計算において使われていない最大値を固定する方法

である。これによれば、同様なタイプの結果を保存する間に信頼性値をソートする必要がない。

【００５９】

上記したように、この測定M（Ｉ）は位相推定器に入力パラメータとして導入される。

測定M（Ｉ）上の位相シフトの影響の研究によれば（図７）、M（Ｉ）は最大のとき、位相シフトは０である。

【００６０】

推定器が収束領域に有ることを知ると、M（Ｉ）の最大値はstochastic garadient algorithmを使って到達される。

【００６１】

この場合、キャリアの位相シフトに対する一般的サーチアルゴリズムは次のように記述される。

【００６２】

【数３】

$$\hat{\varphi} = \hat{\varphi}_{i-1} + \mu(M(\hat{\varphi}_{i-1}, y_1, \ldots, y_k) - M(\hat{\varphi}_{i-2}, y_1, \ldots, y_k))\left[sign(\hat{\varphi}_{i-2} - \hat{\varphi}_{i-1})\right] \quad (6)$$

【００６３】

但し、従来の通り、ピッチの値μは、平均自乗誤差と収束率との間の妥協を提供するように選択される。

【００６４】

各新規コードワードについてアルゴリズムをスタートさせるように選択される値は、先行するコードワードとして推定される値である。

しかしながら、このアルゴリズムは比較的高い数の推定値M（Ｉ）を必要とする欠点を持つ。

計算時間が少ない変形アルゴリズムは収束コーン（cone of convergence）における単一パラボラによりM（Ｉ）の変化をモデル化することにより得られる。

【００６５】

【表１】

この場合、$\hat{\varphi}$を得るには、三つの評価で十分である。

【００６６】

φ_0と定数$\Delta\varphi$が与えられ、$\varphi_1 = \varphi_0 - \Delta\varphi$及び$\varphi_2 = \varphi_0 + \Delta\varphi$と定義すると、最大値は次式により与えられる。

【００６７】

【表２】

$$\hat{\varphi} = \varphi_0 + \Delta\varphi \frac{M(\varphi_2) - M(\varphi_1)}{4M(\varphi_0) - 2M(\varphi_2) - 2M(\varphi_1)} \qquad (7)$$

【００６８】
先行するコードワードの推定値をφ$_0$とすると、位相シフト推定は先行するコードワードの推定φ$_0$と一定値Δφの和である。但し、前記定数は、計算インターバルの終端における複数の信頼性値（Ｍ（φ$_1$）、Ｍ（φ$_2$））の差と、先行する推定における信頼性値Ｍ（φ$_0$）の４倍との比により重み付けされている。なお、先行する推定における信頼性値Ｍ（φ$_0$）の４倍は、計算インターバルの終端における複数の信頼性値の和の２倍より小さい。
【００６９】
従って、この方法は基準評価に関してかなり時間を節約する。
しかし、Ｍ$^{(Ｉ)}$の変形のパラボラ的モデル化は単に近似であり、従って、Δφから完全に独立とはいえない。よって、推定が最上であるような、パラメータの最適値がある。
【００７０】
出願人は、実験条件の下で、曲線Ｍ（φ）のローブ(lobe)の幅の２０％に等しいΔφに対する最適推定が得られることに注目した。
上記のシステムは次の通り動作する（図８）
システムはステージ１０でワードを受信する。
【００７１】
スタートアップにおいて、即ち、第１番目のワードが受信されたとき、システムは１１で、位相シフトスペースのインターバル［－π、+π］で１１において、ローブの半分の幅に対応するピッチで、スキャンを行う。前記幅は予め決定されており、最初の位相シフト推定φ$_0$を決めるものである。
【００７２】
次に、各ワードに対し、システムは次を実行する。
－　１２において、φ$_0$の位相シフト補正の第１の反復。用語「反復」は、１２における位相シフト補正、１３におけるソフトデマッピング、１４におけるターボ符号化、１５における測定の算出の連続的ステップを指す。次に、
－　φ$_1$＝φ$_0$－Δφの位相シフト補正の第２反復、及び
－　φ$_2$＝φ$_0$+Δφを持つ第３の反復。
【００７３】
φ$_0$、φ$_1$及びφ$_2$とＭ（φ$_0$）、Ｍ（φ$_1$）及びＭ（φ$_2$）が知られており、式（７）を使うと、システムはそこから位相シフトの推定φを導き、次のワードにループバックする前に前記復号したワードを得るために、このワードに対する最後の反復を行う。
【００７４】
サーチと位相シフト算出反復の間に、ターボ復号化器は内部反復数を限定することができることに注意すべきである。信頼性値及びＭ（Ｉ）は、幾つかの（約４の）half-iterationの後、急速に収束する。
【００７５】
上記の装置は位相シフトが容易にキャンセルでき、又は、復号結果の信頼性に対し限定された影響を及ぼす程度に低減することができる。
【００７６】
しかしながら、所定のタイプのQAMソースコーディングに対し、前記装置はπrad又は、π/２radにおいて、位相曖昧性（a phase ambiguity）を保存している。

【００７７】
例えば、ラベリング、即ち、複数シンボルの表示、VDSL標準（図９）のシンボルが使われる時、コンステレーションの中心に対し対称な２つの点は、この場合、２つの補完的なバイナリシーケンスでラベル付けされる。従って、πの回転はコードワードの全ビットの反転を引起こす。即ち、拡張されたBCHコードワードの補数（complement）はこのコードに属するのであるから、装置の出力で得られる結果は、回転のないオリジナルの受信ワードと同様に重要な信頼性値である。
【００７８】
適切な方法がとられない場合には、これは、装置のスタートアップ時で、前記装置が最初のシフトを求めるとき、シフトは、ほぼπのシフト値にロックされる。
【００７９】
第１の解決法は、例えば、quasi-Grayラベリングのような対象性を持たないラベリングを選択することである。
しかしながら、この解は常に、可能ではない。何故なら、例えば、ラベリングのタイプは既に標準で選択されているからである。
従って、出願人は、より一般的なより効果的である利点を持つ第２の解を提案する。
【００８０】
この第２の解決法は、スクランブラーで捕捉された１つのコードワードを、送信機のチャネル符号化７とマッピング操作８との間に挿入することである（図１０）。逆デスクランブリング操作（an inverse descrambling operation）は受信器で、ソフトデマッパー１とターボ復号化器２との間にデスクラブラー９を挿入して行われる。
【００８１】
この第２の解決方法は、図９に示すように、-π/２とπ/２との間に存在する局所的extremaを大きく減衰させるという利点を有している。
【００８２】
スクランブラー/デスクランブラーの対はインターリーバー/デインターリーバーの対、又は、チャンネル符号化の対称性を破る他の同等なシステムにより置換えることができる。
【００８３】
上記装置の特に有利な結果は実験とシミュレーションにより検証された。
【００８４】
このように特に有利な仕方で、最適な状態でターボ復号化を可能にする位相補正装置が得られる。
更に、動作（operation）が比較的に簡単なので、この装置を計算能力又はメモリ容量に関して低コストで構成することが可能である。
【図面の簡単な説明】
【００８５】
【図１】ＱＡＭ変調のコンステレーションを示す図である。
【図２】1024-QAM(Eb/No=19dB) 上の符号化信号ＢＣＨ（32,26,4）^{2} に対する位相誤差の関数としてＢＥＲの変化を示す図である。
【図３】本発明の実施例のブロックダイアグラムである。
【図４】従来技術によるPyndiaターボ符号化器の概略図である。
【図５】本発明の実施例によるターボ符号化器の概略図である。
【図６】1024-QAM(Eb/No=19dB) 上の符号化信号ＢＣＨ（32,26,4）^{2} に対する４のhalf-iterationsについての信頼性の絶対値の確率分布を説明するグラフである。
【図７】位相誤差の関数として２０のコードワードに対するＭの平均を示すグラフである。
【図８】本発明の実施例の動作ブロックダイアグラムである。
【図９】位相誤差の関数としてＭを、インターリーバの有る場合、無い場合を表わしたグラフである。

【図１０】本発明の別の実施例による、符号化/復号化の概略図である。

【図１】

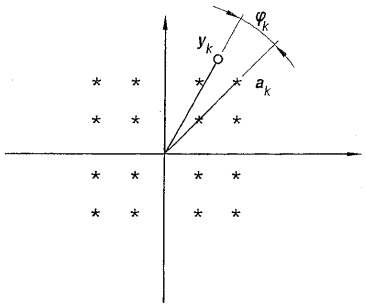


FIG.1
従来技術

【図２】

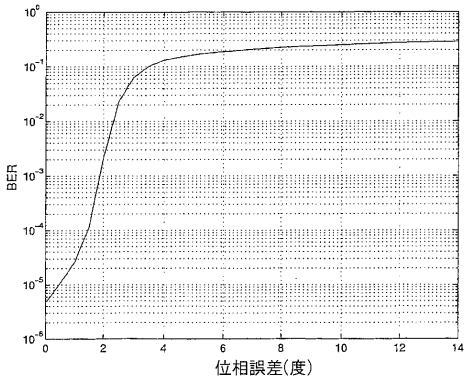


FIG.2

【図３】

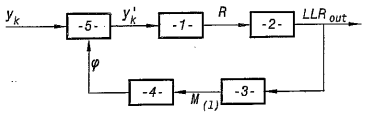


FIG.3

【図４】

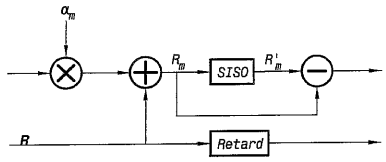


FIG.4
(art antérieur)

【図５】

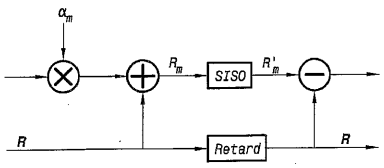


FIG.5

【図６】

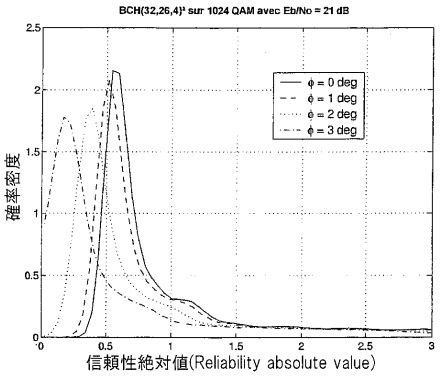


FIG.6

【図７】

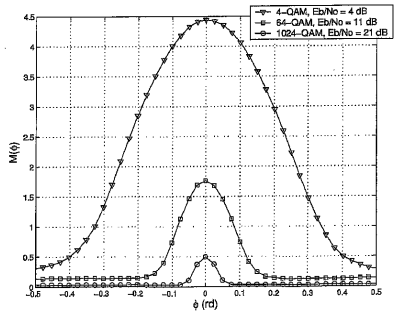


FIG.7

【図８】

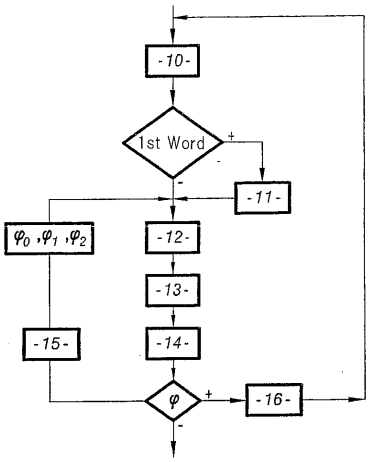


FIG.8

【図９】

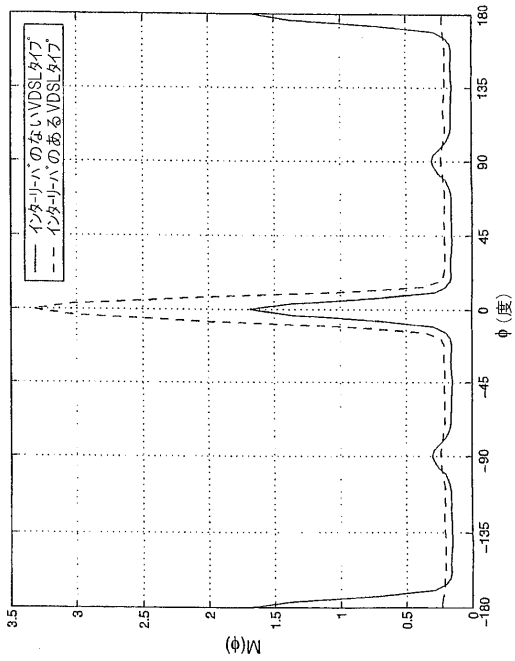


FIG.9

【図１０】

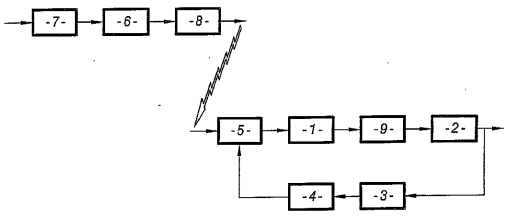


FIG.10

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2005/001350

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H03M13/29 H04L1/00 H03M13/33

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)
IPC 7 H03M

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 practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	LOTTICI V ET AL: "EMBEDDING CARRIER PHASE RECOVERY INTO ITERATIVE DECODING OF TURBO-CODED LINEAR MODULATIONS" IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 52, no. 4, April 2004 (2004-04), pages 661-669, XP001197594 ISSN: 0090-6778 abstract; figure 1a * section III A, B et C *	1-12
A	US 2002/097814 A1 (EIDSON DONALD BRIAN ET AL) 25 July 2002 (2002-07-25) * cover page * paragraphs '0023!, '0024!, '0027! - '0030!, '0046! - '0048!, '0057!	1-12

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° 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 document 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	Date of mailing of the international search report
18 October 2005	27/10/2005

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Farman, T

2

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2005/001350

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CIONI S ET AL: "Turbo embedded estimation with imperfect phase/frequency recovery" ICC 2003. 2003 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS. ANCHORAGE, AK, MAY 11 - 15, 2003, vol. VOL. 1 OF 5, 11 May 2003 (2003-05-11), pages 2385-2389, XP010642874 ISBN: 0-7803-7802-4 * section III B * * section IV * figure 2	1-12
A	BARRATT K A ET AL: "Performance bounds for double sampling ML-DD feedback timing synchronisers in turbo code systems" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 37, no. 7, 29 March 2001 (2001-03-29), pages 442-443, XP006016410 ISSN: 0013-5194 the whole document	1-12
A	LANGLAIS C ET AL: "Synchronisation in the carrier recovery of a satellite link using turbo-codes with the help of tentative decisions" IEE COLLOQUIUM. TURBO CODES IN DIGITAL BROADCASTING - COULD IT BE DOUBLE CAPACITY, 22 November 1999 (1999-11-22), pages 5-1, XP002178507 the whole document figure 2	1-12
A	NISSILA M J ET AL: "An EM approach to carrier phase recovery in AWGN channel" ICC 2001. 2001 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS. CONFERENCE RECORD. HELSINKY, FINLAND, JUNE 11 - 14, 2001, IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS, NEW YORK, NY : IEEE, US, vol. VOL. 1 OF 10, 11 June 2001 (2001-06-11), pages 2199-2203, XP010553707 ISBN: 0-7803-7097-1 abstract; figure 1	1-12
A	OH W ET AL: "JOINT DECODING AND CARRIER PHASE RECOVERY ALGORITHM FOR TURBO CODES" IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY,US, US, vol. 5, no. 9, September 2001 (2001-09), pages 375-377, XP001107973 ISSN: 1089-7798 cited in the application the whole document	1-12

2

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (January 2004)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/FR2005/001350

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002097814 A1	25-07-2002	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT/FR2005/001350

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H03M13/29 H04L1/00 H03M13/33

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 H03M

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	LOTTICI V ET AL: "EMBEDDING CARRIER PHASE RECOVERY INTO ITERATIVE DECODING OF TURBO-CODED LINEAR MODULATIONS" IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 52, no. 4, avril 2004 (2004-04), pages 661-669, XP001197594 ISSN: 0090-6778 abrégé; figure 1a * section III A, B et C *	1-12
A	US 2002/097814 A1 (EIDSON DONALD BRIAN ET AL) 25 juillet 2002 (2002-07-25) * cover page * alinéas '0023!, '0024!, '0027! - '0030!, '0046! - '0048!, '0057!	1-12

-/--

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
18 octobre 2005	27/10/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Farman, T

2

Formulaire PCT/ISA/210 (deuxième feuille) (janvier 2004)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT/FR2005/001350

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	CIONI S ET AL: "Turbo embedded estimation with imperfect phase/frequency recovery" ICC 2003. 2003 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS. ANCHORAGE, AK, MAY 11 - 15, 2003, vol. VOL. 1 OF 5, 11 mai 2003 (2003-05-11), pages 2385-2389, XP010642874 ISBN: 0-7803-7802-4 * section III B * * section IV * figure 2	1-12
A	BARRATT K A ET AL: "Performance bounds for double sampling ML-DD feedback timing synchronisers in turbo code systems" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 37, no. 7, 29 mars 2001 (2001-03-29), pages 442-443, XP006016410 ISSN: 0013-5194 le document en entier	1-12
A	LANGLAIS C ET AL: "Synchronisation in the carrier recovery of a satellite link using turbo-codes with the help of tentative decisions" IEE COLLOQUIUM. TURBO CODES IN DIGITAL BROADCASTING - COULD IT BE DOUBLE CAPACITY, 22 novembre 1999 (1999-11-22), pages 5-1, XP002178507 le document en entier figure 2	1-12
A	NISSILA M J ET AL: "An EM approach to carrier phase recovery in AWGN channel" ICC 2001. 2001 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS. CONFERENCE RECORD. HELSINKY, FINLAND, JUNE 11 - 14, 2001, IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS, NEW YORK, NY : IEEE, US, vol. VOL. 1 OF 10, 11 juin 2001 (2001-06-11), pages 2199-2203, XP010553707 ISBN: 0-7803-7097-1 abrégé; figure 1	1-12
A	OH W ET AL: "JOINT DECODING AND CARRIER PHASE RECOVERY ALGORITHM FOR TURBO CODES" IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY,US, US, vol. 5, no. 9, septembre 2001 (2001-09), pages 375-377, XP001107973 ISSN: 1089-7798 cité dans la demande le document en entier	1-12

2

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No
PCT/FR2005/001350

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2002097814 A1	25-07-2002	AUCUN	

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,HU,IE,IS,IT,LT,LU,MC,NL,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,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100102819
弁理士 島田 哲郎
(74)代理人 100113826
弁理士 倉地 保幸
(74)代理人 100108383
弁理士 下道 晶久
(72)発明者 ゲラール, ブノワ
フランス国, エフ－７５００５ パリ, リュ デ ベルナルダン, ２７
(72)発明者 バーボ, ジャン－ピエール
フランス国, エフ－９２１３０ イッシー レ ムーリノー, リュ デレバン, ５５
(72)発明者 ブロシエ, ジャン－マルク
フランス国, エフ－３８１９０ ル シャン－プレ－フロージュ, クロ マリーヌ, ３
(72)発明者 バンストラシール, クリストフ
フランス国, エフ－９４２３０ カシャン, リュ カミール デムーラン, ７０

Ｆターム(参考) 5J065 AD10 AG05 AH18 AH20 AH21
5K004 AA05 FD05