(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3822249号
(P3822249)
(45)発行日　平成18年9月13日(2006.9.13)　(24)登録日　平成18年6月30日(2006.6.30)

(51)Int.Cl.		F I		
H03M 13/41	(2006.01)	H03M	13/41	
H03M 13/45	(2006.01)	H03M	13/45	
H04L 27/00	(2006.01)	H04L	27/00	B
H04L 27/22	(2006.01)	H04L	27/22	A

請求項の数 21　(全 12 頁)

(21)出願番号	特願平10-506867
(86)(22)出願日	平成9年7月22日(1997.7.22)
(65)公表番号	特表2000-515341(P2000-515341A)
(43)公表日	平成12年11月14日(2000.11.14)
(86)国際出願番号	PCT/SE1997/001307
(87)国際公開番号	WO1998/004047
(87)国際公開日	平成10年1月29日(1998.1.29)
審査請求日	平成16年7月22日(2004.7.22)
(31)優先権主張番号	08/684,792
(32)優先日	平成8年7月22日(1996.7.22)
(33)優先権主張国	米国(US)

(73)特許権者
テレフオンアクチーボラゲツト　エル　エム　エリクソン（パブル）
スウェーデン国　ストックホルム　エス―１６４　８３
(74)代理人
弁理士　大塚　康徳
(74)代理人
弁理士　高柳　司郎
(74)代理人
弁理士　大塚　康弘
(74)代理人
弁理士　木村　秀二
(74)代理人
弁理士　下山　治

最終頁に続く

(54)【発明の名称】不均一エラー保護を有する通信信号の検出方法および手段

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

コード化データ記号を含むディジタル通信信号を受信する方法であって、

コーディング保護の第１レベルを有するコード化データ記号の第１グループを検出するステップと、

コード化データの前記第１グループをデコードして、このデコーディングに基づいて第１ソフト信頼性情報を生成するステップと、

記号の前記デコードされた第１グループと前記第１ソフト信頼性情報を使用して、コーディング保護の第２レベルを有するコード化データ記号の第２グループを検出し、デコードするステップを含んでなる、前記方法。

【請求項２】

コード化データの１つまたはそれ以上のグループが周期冗長検査（ＣＲＣ）コーディング情報を含み、また前記検出するステップと前記デコードするステップは、ＣＲＣコーディング情報を含むコード化データ記号の１つまたはそれ以上のグループの各々について、複数回遂行される、請求の範囲第１項記載の方法。

【請求項３】

コード化データ記号はディジタル通信信号内にインターリーブされ、前記方法は更に、デコードするステップに先立って、コード化データの前記検出された第１グループをデインターリーブするステップと、前記検出されデコードされたデータ記号を再インターリーブするステップを含んでなる、請求の範囲第１項記載の方法。

【請求項４】
データ記号の前記第２グループのデコーディングに基づいて、第２ソフト信頼性情報を生成するステップと、
前記デコードされた第１および第２の記号グループと、前記第１および第２の信頼性情報を使用して、コーディング保護の第３レベルを有するコード化データ記号の第３グループを検出しデコードするステップを含んでなる、請求の範囲第１項記載の方法。
【請求項５】
ディジタル通信信号を送信する方法であって、
チャネルエンコーダ内に、エンコードされたデータ記号を生成し、前記エンコーダされた各データ記号はコーディング保護のＮレベルの１つを有するステップと、
エンコードされたデータ記号のフレームを一連のＤバーストシリーズ内で受信機へ送信するステップと、
コーディング保護の第１レベルを有する送信されたエンコードされたデータ記号を受信機において検出しデコードして、コーディング保護の第１レベルを有する前記送信されたエンコードされたデータ記号は、１つまたはそれ以上のＤバースト内に配置された保護の前記第１レベルを有するステップと、
保護の前記第１レベルを有する前記送信されたエンコードされたデータ記号の検出に基づいて第１ソフト信頼性情報を生成するステップと、
前記第１ソフト信頼性情報を使用して、保護の第２レベルを有する送信されたエンコードされたデータ記号を、前記受信機において検出するステップを含んでなる、前記方法。
【請求項６】
前記送信するステップに先立って、前記エンコードされたデータ記号をインターリーブするステップと、
前記検出された記号を受信機においてデインターリーブするステップを、更に含んでなる請求の範囲第５項記載の方法。
【請求項７】
コード化データの１つまたはそれ以上のグループは周期冗長検査（ＣＲＣ）コーディング情報を含み、また前記検出するステップ、前記デインターリーブするステップ、前記デコードするステップは、周期冗長検査（ＣＲＣ）コーディング情報を含むコード化データ記号の１つまたはそれ以上のグループの各々について、複数回遂行される、請求の範囲第５項記載の方法。
【請求項８】
データ記号の前記デコードされた第２グループを再エンコードし、再インターリーブするステップと、
第２のソフト信頼性情報を生成するステップと、
前記第１および第２のソフト信頼性情報を使用して、コーディング保護の第３レベルを有する送信されたコード化データ記号を検出するステップと、を更に含んでなる請求の範囲第５項記載の方法。
【請求項９】
コード化データ記号を有するディジタル通信信号を受信する受信機であって、
送信機から受信されるコード化データ記号を検出する検出器と、
前記検出されたデータ記号からソフト信頼性情報を生成するソフトフィルタリング回路と、
以前に検出されデコードされたデータ記号からのソフト信頼性情報を使用して、以後にコード化されるデータ記号を検出する検出器を含んでなる、前記受信機。
【請求項１０】
ＣＲＣコーディング情報を有するコード化データ記号を検出しデコードするために、周期冗長検査を遂行する手段を更に含んでなる請求の範囲第９項記載の受信機。
【請求項１１】
送信機から送信され、コード化データ記号を含む通信信号を受信して、各コード化データ

記号はコーディング保護のＮレベルの１つを有する方法であって、
コーディング保護の前記Ｎレベルの第１を有するコード化データ信号の第１グループを検出するステップと、
コード化データ記号の前記第１グループをデコードして、このデコーディングに基づいてコード化データ記号の第１グループをデコードするステップと、
以前にデコードされた記号グループと以前に生成されたソフト信頼性情報を使用して、コーディング保護の残りのＮ－１レベルの１つを有する記号の残りのグループの各々を検出しデコードするステップを含んでなる、前記方法。
【請求項１２】
フィードバックループを使用して前記ソフト信頼性情報を洗練するステップを更に含んでなる請求の範囲第１１項記載の方法。
【請求項１３】
コーディング保護のＮレベルの１つは、コーディング保護がない請求の範囲第１１項記載の方法。
【請求項１４】
ソフト信頼性情報を生成する前記ステップは、ＳＯＶＡデコーダにより遂行される請求の範囲第１１項記載の方法。
【請求項１５】
ソフト信頼性情報を生成する前記ステップは、分離可能なＭＡＰフィルタにより遂行される請求の範囲第１１項記載の方法。
【請求項１６】
前記データ記号は、送信機において差動的に変調される請求の範囲第１１項記載の方法。
【請求項１７】
前記コード化データ記号は、送信機において、差動４位相シフトキーイングを使用して変調される請求の範囲第１６項記載の方法。
【請求項１８】
前記コード化データ記号は、π／４ＤＱＰＳＫを使用して変調される請求の範囲第１７項記載の方法。
【請求項１９】
前記コード化データ記号は、送信機において、ガウス型最少シフトキーイングを使用して変調される請求の範囲第１１項記載の方法。
【請求項２０】
記号の残りの各グループを検出しデコードするステップは、以前に生成された全てのソフト信頼性情報を使用して遂行される請求の範囲第１１項記載の方法。
【請求項２１】
以前にデコードされた信号の全てのグループを使用して、前記コード化データ記号の第２の検出とでコーディングを遂行するステップを更に含んでなる請求の範囲第１１項記載の方法。
【発明の詳細な説明】
発明の分野
この発明は、一般にエンコードされたディジタル通信信号の送信に関する。特に、この発明は不均一エラー保護（ｕｎｅｖｅｎ　ｅｒｒｏｒ　ｐｒｏｔｅｃｔｉｏｎ）でエンコードされたデジタル信号を検出する方法と装置に関する。
発明の背景
従来のディジタル通信システムは、しばしば何かの形式のエラー保護を含み、これはフォワードエラー制御コーディング（ＦＥＣ：ｆｏｒｗａｒｄ　ｅｒｒｏｒ　ｃｏｎｔｒｏｌ　ｃｏｄｉｎｇ）または不均一エラー保護（ＵＥＰ：ｕｎｅｑｕａｌ　ｅｒｒｏｒ　ｐｒｏｔｅｃｔｉｏｎ）と呼ばれ得る。ＵＥＰスキームにおいては、ある情報記号は、より重要、すなわち他の記号よりも送信エラーまたは受信エラーに対して一層敏感であると思われる。このより重要なコードは、より重要でない情報よりも、より低いコーディングレー

ト（ｒａｔｅ）で（すなわち、より大きな冗長度を使用して）、（たとえばチャネルエンコード内で）コード化されて、正確な受信と検出の可能性を増大させる。そうしたスキームの結果は、受信機が、より重要な記号についてより多くの情報を受信し、より重要でない記号についてより少ない情報を受信するということである。

従来のディジタル通信システムにおいて、チャネルエンコーディングと通信は、典型的に送信機内で別々に遂行され、また従来の受信機は、典型的に検出とチャネルでコーディングを別々に遂行する。同時係属、共同譲渡出願０８／３０５，７８７、名称「ディジタル変調無線信号の同時的復調とデコーディング」、１９９４年９月１４日出願、その全体が参考文献として含まれているものにおいて、受信信号をデコードし復調するスキームが開示されているが、そこでは受信機に知られたある記号（同期記号）が最初にデコードされ、このデコードされた既知の信号は、次に隣接の未知のコード化記号をデコードするのに使用される。しかしながら、限られた数の同期信号の一つを使用して、送信機において既知の同期記号を未知の信号にインタリーブしなければならない点において、こうしたシステムは複雑である。更に、この開示されたシステムは、差動検出器またはＭＬＳＥ検出器を含み、また「ハード」情報、すなわち記号アルファベットに量子化された情報が、検出器にフィードバックされる。ハード情報の使用は、一般にシステム内のＣＲＣ検査への依存の増大を必要とし、またエラーの伝播と限られた性能を結果するかもしれない。

ビタビアルゴリズムは通信受信機における標準的なツールであり、復調、デコード、等化などの機能を遂行する。一般に、ビタービアルゴリズムは、コード化済みまたは信号間干渉（ＩＳＩ）にさらされた、またはその両方の、伝送データの一シーケンスの最大尤度推定を供給する。最尤パスシーケンスに加えて、ソフトの信頼性インジケータを生成するように、ビタビアルゴリズムを修正することが知られている。このソフトの信頼性インジケータは、たとえば各ビットの帰納的確率または他の信頼性の値であり得る。ビタビアルゴリズムへのこの修正は、ソフト出力ビタビアルゴリズム（ＳＯＶＡ）と呼ばれて、たとえばハーゲンナウア他「ソフト決定出力つきビタビアルゴリズムおよびそのアプリケーション」、ＩＥＥＥグローブコム’８９、テキサス州ダラス、コンファレンスレコード第３巻、４７．１．１－４７．１．７ページ、１９８９年１１月に、一層詳細に記述されている。代わりのソフト出力信頼性アルゴリズムが、バール他「記号エラー率最小化のためのリニアコードの最適デコーディング」、情報理論についてのＩＥＥＥトランザクション、１９７４年３月に記述されている。

不均一エラー保護を使用する通信システムにおいて、いくつかのコーディング速度が同時的に使用され、またより低いコーディング速度（より多くのコーディング保護）を有するビットまたは記号は、より高いコーディング速度（より少ないコーディング保護）を有するビットまたは記号よりも、より高い信頼性で受信されデコードされる。追加の信用情報を使用して、より少ない保護を受けているビットまたは記号のために、システムの検出性能を増すことが望ましい。

更に、受信機におけるソフトの情報フィードバックを信頼して、エラー伝播に対するシステムの感度を下げることが、ディジタル通信システムのために望ましい。

発明の要約

この発明は、Ｎレベルのコーディング保護の一つにより、送信すべきデータ記号をエンコードするディジタル通信信号の送信手段を提供し、またコーディング保護の最高レベルを有する信号グループから始まる諸グループにおいて送信する記号を検出することにより、上記の諸問題を克服し、他の長所を達成する。コーディング保護の最高位のレベルを有する第１の信号グループが検出されてデコードされ、これらの信号についてソフトの信頼性情報が計算される。それから、第１信号グループの検出とデコーディングから得られた情報を使用して、より低いコーディング保護のレベルを有する第２の信号グループを検出し、デコードする。チャネルメモリおよび／または変調メモリを備えているので、第１信号グループのデコーディングにより第２グループのデコーディングを更に強化できる。通常の当業者に理解されるように、与えられた瞬間に受信される無線信号は、マルチパス伝播のために以前または現在送信された記号からの分担を含み得る。この仕方で、より低いレ

ベルのコーディング保護を有する記号の検出を、より高いレベルのコーディング保護を有する記号の検出により増強できる。また、差動変調を使用すれば、シンボル間の依存状態を検出の強化に使用できる。
以前に検出されたデコードされたいずれかまたはすべての記号の、記号とソフト信頼性の値を使用して、検出されデコードされるコーディング保護の特定のレベルにおける信号の各レベルともに、この処理が繰り返されて、最低のコーディングレベルが検出されデコードされるまで繰り返される。最低のコーディングレベルには、保護なし、つまりコード化されてないデータ信号であってもよい。
この発明の送信方法はまた、コード化されたデータ信号フレームをインターリーブすること、インターリーブした信号フレームをバースト内で送信すると、コーディング保護のレベルに従って、データ記号をグループで検出することを含む。検出された信号は、デインターリーブされ、デコードされ、またそれらのソフトの信頼性により構造に再インターリーブされて、受信されたバースト内でそれらの表現へマップされる。コーディング保護のより低いレベルを有する記号グループの検出は、すべての以前の検出から得られる情報を使用して遂行される。バースト内の信号のミキシングの程度に応じて、保護のより低いレベルを有する記号の検出が、フレーム内の以前に検出された（今では「既知の」）記号からのみでなく、同一バースト内の以前のフレームに含まれるすべての記号からも、一層信頼できるものにされる。

【図面の簡単な説明】

以下の好ましい実施例の詳細な説明を添付図面とともに読めば、この発明の一層詳細な理解が得られるが、そこで同一の参照指示は同一の部品を示す。
図１Ａないし図１Ｃは、この発明の一実施例による例示的な受信回路のブロック図である。
図２は、図１の回路内で使用する例示的なソフトフィルタリング回路の図式である。
図３は、ビタービアルゴリズムトレリスの図式である。
図４は、この発明の一実施例による送信方法を説明するフローチャートである。
図５は、この発明の方法の一実施例により受信されたコード化記号のインターリーブされたバーストを示す図式である。

好ましい実施例の詳細な説明

さて図１Ａないし図１Ｃを参照すると、この発明の第１実施例による通信記号検出の方法が示されている。図１Ａないし図１Ｃにおいて、記号１０のグループ（たとえば符号語）は、コーディング保護の第１レベルを有するr_1、コーディング保護の第２レベルを有するr_2、コーディング保護の第Ｎレベルを有する記号r_Nを含む。コード化された記号は、たとえばガウス型最小シフトキーイング（ＧＳＭシステム内で使用されるＧＭＳＫ）またはπ/4差動４位相シフトキーイング（Ｄ－ＡＭＰＳ移動通信システムで使用されるπ/4ＤＱＰＳＫ）を使用する送信機（図示なし）で変調される。図１Ａにおいて、コーディング保護の第１レベルを有する記号r_1を検出器１２が検出して、送信された符号語のソフト信頼性情報を生成する。検出器１２を、たとえばソフト出力ビタビアルゴリズム（ＳＯＶＡ）によりインプリメントできる。ソフトフィルタリング回路１４は、ソフト信頼性情報をフィルタして、ソフト信頼性の値$r_1'(n_1)$を出力する。ソフトフィルタリング回路１４は、ＳＯＶＡアルゴリズムをインプリメントする手段を含み得るか、または分離可能最大帰納（Ｓ－ＭＡＰ：ｓｅｐａｒａｂｌｅ ｍａｘｉｍｕｍ ａ ｐｏｓｔｅｒｉｏｒｉ）フィルタリングをインプリメントできる。図１Ａの回路は、フィードバックループを備えることができ、これによりソフト信頼性情報を改良するのに必要な回数n_1だけ、ソフトフィルタリング回路出力をその入力へフィードバックする。そうしたフィードバックループは不可欠のものでなく、またそうしたフィードバック技法は当技術分野でよく知られていること理解されよう。従って、このインプリメンテーションの詳細とフィードバックの多数の反復をいかに遂行すべきかについては本書に議論しない。
図１Ｂにおいて、ソフト信頼性の値$r_1'(n_1)$が検出器１２に供給されて、コーディング保護の第２レベルを有する記号r_2を検出する。デコードされたr_2記号はフィルタリン

グ回路１４内でフィルタされ、またフィルタリング回路１４の出力は、ソフト信頼性の値r_2’（n_2）を生成するのに必要なn_2回だけフィードバックされ得る。図１Ｃにおいて、r_2信号の検出後に（ｎ－１）－２回の検出が行われたこと、また各検出の結果が、コーディングの各レベルについてソフト信頼性の値r_3’（n_3），．．．r_{N-1}’（n_{N-1}）であったことが仮定される。図１Ｃにおいて、ソフト信頼性の値r_3’（n_3），．．．r_{N-1}’（n_{N-1}）が検出器１２に供給されて、コーディング保護の第Ｎレベルを有する記号r_Nが生成され、またフィルタされるソフト信頼性の値を生成し、またオプション的にn_N回フィードバックされて、ソフト信頼性の値r_N’（n_N）を生成する。以前のすべての検出から得られる信頼性の情報を使用して、検出手順全体を何度でも反復でき、こうしてより多く保護されている記号の一層正確な検出において、より少なく保護された情報が助力できることが理解されよう。

インターリービングは、通信システムの性能を強化するためにもインプリメントされ得ることが理解されよう。この発明による例示的なインターリービングスキームにおいて、コード化されたデータ記号のフレームがバースト内でインターリーブされ送信される。図１Ａないし図１Cについて上に示したように、データ記号はそのコーディング保護のレベルにより受信機においてグループで検出される。検出された記号は、デインターリーブされ、デコードされ、ソフト信頼性情報とともに再インターリーブされ、受信されるバースト内でそれらの表現にマップされる。

更に、ＣＲＣコードのようなカスケードになったエラー検出コードを、前記ソフト情報と結合して使用して、デコーディングを更に強化できることが理解されよう。ＣＲＣコードは、エラー訂正コードのデコーディング失敗を検出するために、しばしば使用される。ＣＲＣがデコーディング動作後にエラーが残存していることを示すならば、そのときはフィードバック（ソフトおよびハード情報の両方）が少なくとも部分的に信頼できないことが知られて、このフィードバックは適当なスイッチング機構（図示なし）によりオフに切り替えられる。より詳しくは、エンコードされた記号のＮクラスの１つまたはそれ以上をＣＲＣコード単独または他のエラーコーディングに追加して、エンコードできる。そうしたコードを使用すれば、冗長ビットr0、ｒ１、．．．ｒｎ－１を、対応するデータビットｄ０、ｄ１、．．．ｄｎ－１の送信の中に含まれる。一例として、ｒ０は、ｒ０＝ｄ０▲＋▼ｄ２▲＋▼ｄ７により、ｄ０、ｄ２、ｄ７に依存し得る。このＣＲＣコードにより、受信機がビットｄ０、ｄ２、ｄ７をチェックして、依存関係がまだ有効であるかどうかを決定できるようになる。依存関係が受信機において、もはや有効でなければ、送信中にエラーが発生している。

この送信される信号中に不均一エラー保護（ＵＥＰ）を使用することにより、受信機は、コーディング保護のより低いレベルを受信する転送された信号の諸クラスの冗長性を再帰的に伝播できるようになり、またソフト出力チャネル検出器とデコーダの使用がシステム性能を強化する。与えられたコーディング保護のレベルを有する信号が検出されて（必要ならば）デインターリーブされた後に、これらの信号に関連の尤度測定（ソフト情報）を行う。この尤度値は、帰納的な知識を表現し、また信号の第２のグループについての検出器に受信された対応する信号の値と比較される。すべてのクラスが検出されると、どんな回数でも再検出されて、すべてのクラスについての伝送能率を向上させる。

さて第２図を参照すると、図１Ａないし図１Ｃの受信機内に使用するのに適したフィルタリング回路のブロック図が示されている。この回路は、仮説のコードビットに関連する信頼性の値を受信するＳＯＶＡデコーダ２２を含み、これはデコードされた情報記号についてのソフト信頼性情報を２３で出力する。ブロック２４は、ソフト信頼性情報の絶対値を決定し、ブロック２５は、ソフト信頼性情報を、負または正の値から２進の１または０へ、それぞれ変換する。ブロック２６ａと同２６ｂは、ブロック２４からソフト信頼性情報の絶対値を受信して、２つまたはあらゆる数の値から最小値を選択する。この回路は更にシフトレジスタ２７を含み、その各セルは２進の値を含む。シフトレジスタ２７は、通常の畳み込みエンコーダとして作動し、たとえばモジュロ２の２進加算を遂行する。ブロック２８ａおよび同２８ｂは、シフトレジスタ２７からの２進出力を実数に変換して、ハー

ド決定コードビットを生成する。乗算器２９ａと同２９ｂは、最小演算ブロック２６ａと同２６ｂからの信頼性の値を、ブロック２８ａと同２８ｂのハード決定出力でそれぞれ乗算して、洗練された信頼性情報を生成する。こうして図２の回路において、ビットS_iに関連する１つまたはそれ以上のソフト（信頼性）値は、ＳＯＶＡデコーダ２２により出力され、またこの回路により処理されて、対応する再エンコードビットに関連する１つまたはそれ以上の一層洗練されたソフト（信頼性）値（S'_{i1}，S'_{i2}）を生成する。当業者に理解されるように、モジュロ２加算器が最小演算に置き換えられていることが、通常の「ハード」チャネルエンコーダと異なる。図２のフイルタリング回路は、たとえば１／２のレート（ｒａｔｅ）の畳み込みエンコーダを含み、そのビットはバイポーラ表現を有する。最小演算ｍｉｎ（）は、コード化された各ビットについて、それに影響するビットの最小値のソフト値を決定する。図２の回路の代わりに、再エンコードされ再変調されたコード信号の帰納的信頼性の値を生成し得るが、これはロッジ他「積符号と連接符号のデコーディングのための分離可能なＭＡＰフィルタ（ＩＣＣ９３）、ジュネーブ、１９９３年５月、に記述されているようなアルゴリズムによる。このアルゴリズムは、デコーディングを遂行しながら、デコードされた情報に対応するコードビットの帰納的確率を計算する。ソフト信頼性情報を計算するのに適した他の諸方法が当分野の通常の技能を有する人々により容易に実施し得る。

論理回路（図示なし）を使用して、以前に検出されデコードされた記号を比較基準信号に変換することができ、また再検出される信号のためにこの比較基準信号を検出器へ供給したり、他の記号の検出を援助したりできる。そうした論理回路の特定のインプリメンテーションの詳細は、変調のタイプと検出器のタイプに必然的に依存することが理解されよう。

エンコードされた信号のＮクラスのうちの一つまたはそれ以上のクラスは、周期冗長検査（ＣＲＣ）により、単独で、または他のエラー保護コーディングに追加して、エンコードできる。エンコードされた信号のＮクラスのうちの一つまたはそれ以上のクラスにおいてＣＲＣ信号を使用すれば、受信された記号の検出を反復するためのループの形成が、ＣＲＣスイッチ２０により可能になる。この発明の方法におけるソフト情報の使用により、反復検出の必要とＣＲＣチェックの必要が減少することが理解されよう。

さて、検出器１２として差動変調（ＤＱＰＳＫ）とＳＯＶＡ検出器を仮定して、受信機の作動を説明する。受信されたビットから差動記号へのマッピングは、次の表１で与えられる。

ビット	差動記号
－１，－1	0
－１，＋１	π／2
＋１，＋１	π
＋１，－１	3π／2

受信された信号ｙについて、差動記号ｙ（ｋ－１）→ｙ（ｋ）に関連するビットは、それらが以前に検出されデコードされたクラスに所属しているときは、既知と考えられる。たとえば、デコーダによって決定される既知のソフト値（目盛りつき対数確率値表現における信頼性情報）が、－２５０，－１７５０であれば、そのときは最尤の送信された差動記号は０である。遷移がたしかに０（すなわち、ビットのペアが－１，－１）であれば、その遷移のみがビタビトレリス内で許可され、他の遷移は除去されるか、またはデコーダ内で「刈り込まれる」。図３に示すようなそうした「ハードの」トレリスの刈り込みは、無限の距離（ｍｅｔｒｉｃ）、すなわち（恐らくは）既知の遷移に対応する遷移以外のすべての遷移に対する付加的な信頼性尺度（ｍｅａｓｕｒｅ）（たとえば確率の目盛りつき対数）い対応する。ある無限の距離（ｍｅｔｒｉｃ）は、小さな（大きな）有限値がありそうな（ありそうもない）遷移に対応するゼロ確率をもつ遷移に、対応すると仮定される。

周囲の、未知な差動記号は、特に記号間干渉（ＩＳＩ）がないときに、このハード刈り込みにより強化される。
もし「既知の」ビットがそれらに関連するソフト値（たとえば、－２５０，－１７５０）を有すれば、よりソフトなトレリス刈り込みを実施可能であり、これにより通常の遷移距離（ｍｅｔｒｉｃ）に有限な距離（ｍｅｔｒｉｃ）を追加できる。上記の例において、既知のビットに関連するソフト値（信頼性情報）は－２５０と－１７５０であり、こうして最もありそうなハード値は、それぞれ－１と－１である。こうして（－１，－１）がもっともありそうな遷移であり、他の遷移（－１，＋１）、（＋１，－１）、（＋１，＋１）は、ありそうもないと考えられる。次の表２において、デコーダ内の状態遷移の遷移距離に対して加えられるべきソフト遷移距離（ｍｅｔｒｉｃ）値が与えられるが、ここで両方のビットが既知である。

仮説ビット	差動記号	ソフト距離（ｍｅｔｒｉｃ）値
－１，－１	0	-250+(-1750)=-2000
－１，＋１	$\pi/2$	-250+(+1750)=+1500
＋１，＋１	π	+250+(+1750)=+2000
＋１，－１	$3\pi/2$	+250+(-1750)=-1500

情報語またはコードの全体または一部分に対応する距離（ｍｅｔｒｉｃ）値は、その語の全体または部分の信頼性を反映する値であることを理解すべきである。最も一般的な距離（ｍｅｔｒｉｃ）のタイプは、確率の積として生成される乗算距離（ｍｅｔｒｉｃ）、および複数の受信記号の確率の対数の和である対数距離（ｍｅｔｒｉｃ）である。１つまたはそれ以上の演繹的または帰納的な確率を反映する情報のような追加情報が利用できるならば、この情報を使用して検出を強化できる。たとえば、典型的に仮説される５０％ではなく約７０％のビットが１であることが知られていれば、この確率０．７０および同０．３０を受信されるソフトデータとともに使用して、これらのビットをデコードするための遷移距離（ｍｅｔｒｉｃ）を計算できる。
この発明の一つの面により、コードビットについてこれらの確率が推定される。コード語の冗長性が、再エンコードの強化と、再検出の強化を可能にする。この仕方で、エラー訂正コードおよび／または第１ステージ内の変調とチャネルのメモリを使用して、比較的低いレベルの保護を有するビットを検出することができる。
距離（ｍｅｔｒｉｃ）が最小化されるべきこと、また相対する符号が使用され得ることを、表２に反映された距離（ｍｅｔｒｉｃ）が仮定していることが理解されよう。表２に示すように、距離（ｍｅｔｒｉｃ）値は差動記号遷移（－１，＋１）および同（＋１，＋１）について最大であり、従って、これらの遷移は最もありそうにない。もし、この発明の方法と異なって、ハード刈り込みを使用すれば、最もありそうな（－１，－１）以外の全ての遷移についての距離（ｍｅｔｒｉｃ）が無限になり、すなわち、全ての他の距離（ｍｅｔｒｉｃ）が削除されて、最良の遷移のみが使用されて、再検出に影響する。もしこの最良の遷移が正しい遷移であれば、ハード刈り込みのアプローチは良好である。しかしながら、もし最良の（最もありそうな）距離（ｍｅｔｒｉｃ）が正しくなければ、このハード刈り込みのアプローチは望ましくなく、それは正しい距離（ｍｅｔｒｉｃ）が実効的に考慮から禁止されるためである。この発明のソフトアプローチを使用すれば、全ての遷移が許容され、どれも除外されない。こうして、もし最良の（最もありそうな）距離（ｍｅｔｒｉｃ）が正しくなくても、正しい遷移がなお生き残り、その後の繰り返しにおいて最良の遷移として使用され得る。繰り返しの数および／または変調／コーディングのステージの数が増加するにつれて、この発明により達成される利益も増大し、また誤ったデコーディングによるエラー伝播を著しく減少できる。
下記の表３は、ソフト距離（ｍｅｔｒｉｃ）のコストを示し、複数のビット中の１つのビット、差動記号ｙ（ｋ－１）→ｙ（ｋ）の最初のビットのみが既知の場合で、そのソフト

値は－２５０である。

仮説ビット	差動記号	ソフト距離（ｍｅｔｒｉｃ）のコスト
－１，－１	0	－２５０＋未知ビットについての距離（ｍｅｔｒｉｃ）
－１，＋１	π／２	－２５０＋未知ビットについての距離（ｍｅｔｒｉｃ）
＋１，＋１	π	＋２５０＋未知ビットについての距離（ｍｅｔｒｉｃ）
＋１，－１	３π／２	＋２５０＋未知ビットについての距離（ｍｅｔｒｉｃ）

ハード刈り込みにおいては、（＋１，Ｘ）についての遷移距離（ｍｅｔｒｉｃ）が無限であることが理解されよう。

さて図３を参照すると、ビタビデコーディングトレリスのブロック図が示されている。ビタビアルゴリズムによれば、データビットまたは記号の受信されたシーケンス（図３にブロックで指定されている）が、許容または可能なシーケンスに比較されて、各比較に１つのソフト（信頼性）値が割り当てられて、この可能なシーケンスが正しいシーケンスであることの尤度が指示される。

さて図４を参照すると、この発明の例示的な送信方法を説明するフローチャートが示されている。ステップ１００で、送信すべきデータ記号が、いずれかの不均一エラー保護スキームにより、適当なエンコーダ内で、コーディング保護のＮレベルの１つにより保護される。ステップ１０２で、エンコードされたデータ記号が送信機から受信機へ送信される。ステップ１０４で、コーディング保護の最高レベルを有する記号のグループが検出され、受信信号内に検出された記号の実際の表現を指示するソフト信頼性情報が検出される。ステップ１０６で、コーディング保護の次の最高レベルを有する記号のグループが、デコーディング処理を援助するためにステップ１０４で生成された比較基準信号を使用して、検出される。デコーディング処理を援助するためにステップ１０４で生成された比較基準信号を使用して、デコードされ、再エンコードされ、再変調される。このデコードされ再変調された記号の第２のクラスは、受信信号内でそれらの実際の表現を再生成する。ステップ１０６は、記号の全てのクラスをデコードするのに必要な回数だけ反復される。

図４で説明した方法は、以下に説明するように、コード化された記号をインターリーブできるように修正し得る。さて図５を参照すると、この発明により受信されるコード化信号のインタリーブされたバーストを、図式が示している。送信機におけるソースエンコーダが、データの複数のフレームF_c（ｋ）を生成する。各フレームは、コーディング保護の異なったレベルの信号を含む。適当なインターリーバがコード化されたフレームF_c（ｋ）のデータ記号をインターリーブして、ステップ１０２で受信機へ送信するためのＤバーストＢ（ｋ）にする。図５に示す例において、ブロック対角指定インターリービングが使用されているが、他の適当なインターリービングもまた使用できることが理解できよう。各バーストＢ（ｋ）は、

$1 \le n \le N$、および$1 \le d \le D$

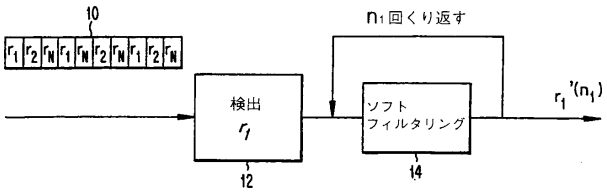
のときに、複数の記号f_{nd}（ｋ）を含む。各記号f_{nd}（ｋ）は、バーストＢ（ｋ－ｄ－１）内で送信されたクラスｎに属する。図５が、Ｎ＝３で、Ｄ＝３の場合を示すことが理解されよう。バーストＢ（ｋ－２）、Ｂ（ｋ－１）、Ｂ（ｋ）が受信されると、最高クラスの記号の検出を開始できる。この例では、インターリービングの結果として、記号が３つのフレームを超えて外へ展開される。クラスｎ＝１が最高の保護レベル（最大の冗長性）

を有し、またクラスｎ＝３が最低の保護レベル（最小の冗長性）を有するものと仮定すると、検出される最初の信号は、Ｂ（ｋ）からf_{11}（ｋ）、Ｂ（ｋ－１）からf_{12}（ｋ）、Ｂ（ｋ－２）からf_{13}（ｋ）である。これらの信号は、検出され、デインターリーブされ、デコードされ、再エンコードされ、再インターリーブされ、再変調されて、受信されるバースト内にそれらの表現を再生成する。この情報は検出器１２により使用されて、コーディング保護の次の最高のレベルを有する次の最高コード化記号（f_{21}（ｋ）、f_{22}（ｋ）、f_{23}（ｋ））の検出を援助する。この処理は反復されて、以前の全てのクラスから生成される情報を使用して、保護のより低いレベルを有する以後のクラスの検出を助ける。与えられた一連のバースト内の全てのクラスが検出されたときに、次のバーストＢ（ｋ＋１）が受信されて、フレームF_c（ｋ＋１）が検出されて、上述のようにデコードされる。

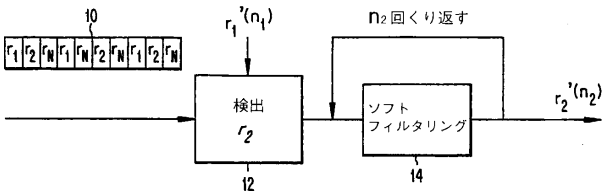
この発明の送信方法は、好ましくはＦＥＣ援助検出スキームを使用して実施されるが、不均一エラー保護を有し、既存のＧＳＭ、ＰＤＣ、ＤＡＭＰセルラ通信システムのような、変調および／または時間分散を通じての何らかの形式のチャネルメモリを有するあらゆるタイプの送信システムによっても、代わりに実施できる。最も保護されてない記号によって性能が制約されている、あらゆるシステムの性能を、この発明が著しく改良する。

これまでの説明は多くの細部と明細を含むが、これらは単に例示的なものであって、どんな仕方でも発明の範囲を限定するものではないことを理解すべきである。後期の請求の範囲とそれらの法的な均等物に定義されるような、この発明の精神と範囲から離れることなく、多くの修正が当分野の通常の技能を有する人々に、容易に明らかであろう。

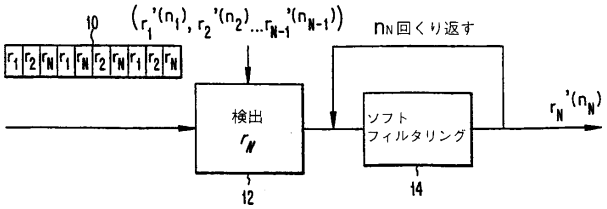
【図１Ａ】
FIG. 1A



【図１Ｂ】
FIG. 1B



【図１Ｃ】
FIG. 1C



【図２】

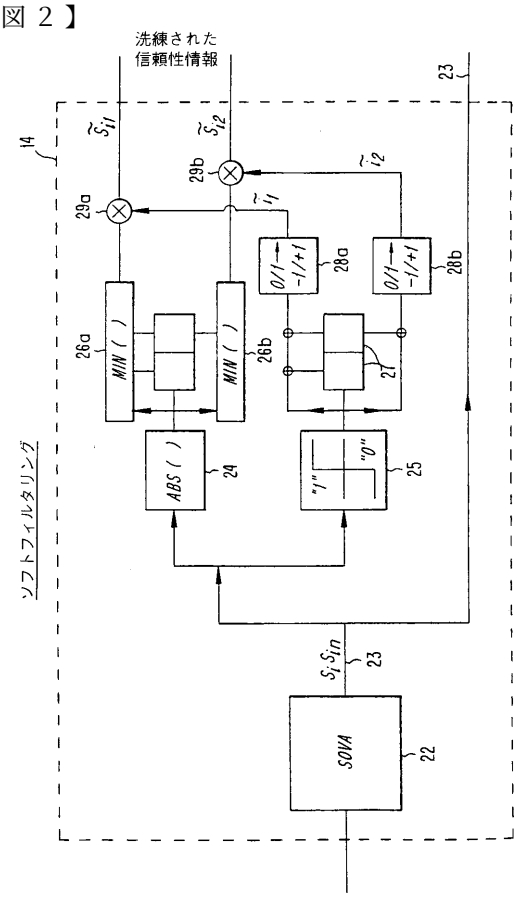


FIG. 2

【図３】

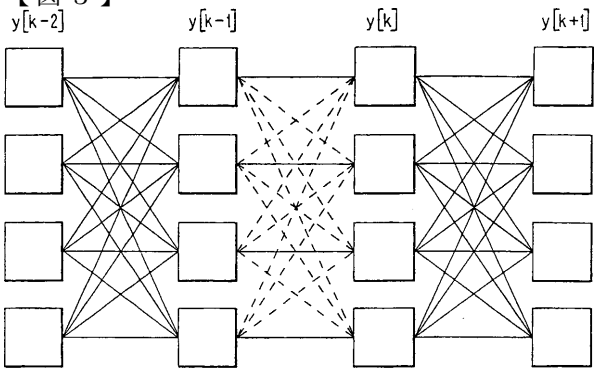


FIG. 3

【図４】

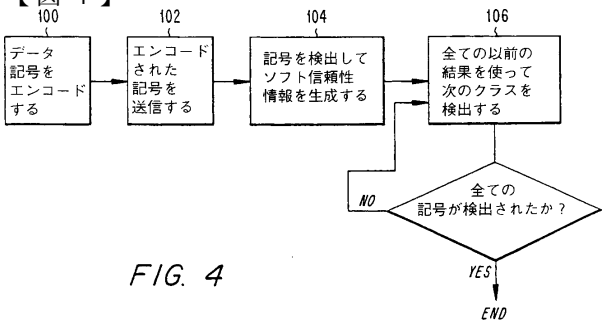


FIG. 4

【図５】

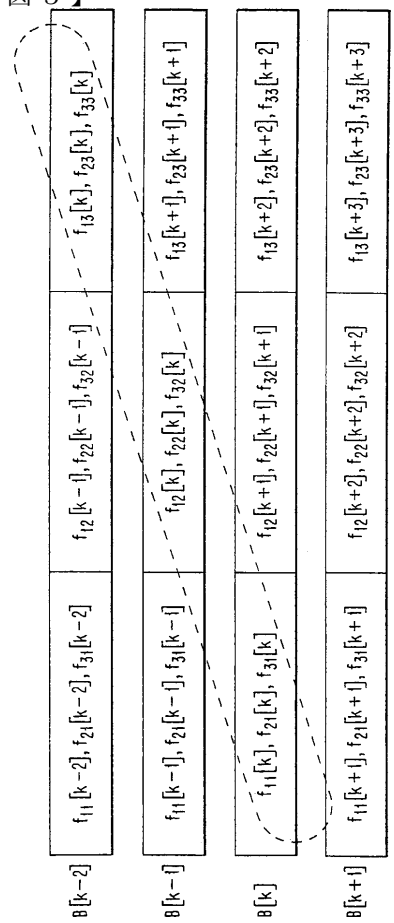


FIG. 5

フロントページの続き

(74)代理人
弁理士 浅村 皓
(74)代理人
弁理士 浅村 肇
(74)代理人
弁理士 林 鈀三
(74)代理人
弁理士 清水 邦明
(72)発明者 ジャマル，カリム
東京都千代田区紀尾井町４－５ 紀尾井町ケルトンビルディング５Ｆ
(72)発明者 ニイストロム，ヨハン
スウェーデン国 エス － １１２ ３３ ストックホルム，クロノベルグスガタン ２２

審査官 藤井 浩

(56)参考文献 特表平６－５０８０１６（ＪＰ，Ａ）
特開平６－２９２１６１（ＪＰ，Ａ）
松永麻里 他，複数の畳込み符号を用いた不均一誤り保護符号の一検討，電子情報通信学会技術報告（IT95-75），日本，社団法人電子情報通信学会，１９９６年 3月１９日，Vol.95 No.593，pp.37-42
松永麻里 他，複数の畳込み符号を用いた不均一誤り保護符号変調方式の一検討，電子情報通信学会技術報告（IT96-13），日本，社団法人電子情報通信学会，１９９６年 7月１９日，Vol.96 No.161，pp.19-24

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H03M 13/00 - 13/53
H04L 27/00 - 27/38
H04L 1/00