(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3759408号
(P3759408)

(45)発行日　平成18年3月22日(2006.3.22)　(24)登録日　平成18年1月13日(2006.1.13)

(51)Int.Cl.		F I		
H04L 1/00	(2006.01)	H04L	1/00	B
H03M 13/09	(2006.01)	H03M	13/09	
H03M 13/15	(2006.01)	H03M	13/15	
G10L 19/00	(2006.01)	G10L	9/18	M
H04N 7/26	(2006.01)	H04N	7/13	A

請求項の数 10　(全 16 頁)

(21)出願番号　特願2000-381197(P2000-381197)
(22)出願日　平成12年12月15日(2000.12.15)
(65)公開番号　特開2001-237806(P2001-237806A)
(43)公開日　平成13年8月31日(2001.8.31)
審査請求日　平成15年2月14日(2003.2.14)
(31)優先権主張番号　09/464043
(32)優先日　平成11年12月15日(1999.12.15)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　596092698
ルーセント　テクノロジーズ　インコーポレーテッド
アメリカ合衆国．０７９７４－０６３６　ニュージャーシィ，マレイ　ヒル，マウンテン　アヴェニュー　６００
(74)代理人　100064447
弁理士　岡部　正夫
(74)代理人　100085176
弁理士　加藤　伸晃
(74)代理人　100106703
弁理士　産形　和央
(74)代理人　100096943
弁理士　臼井　伸一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】デジタル・オーディオ放送システム用および他の種類の通信システム用のチャネル符号構成

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

通信システムにおける送信のために、少なくとも１つのチャネル符号を使用して送信されるデジタル情報を処理する方法であって、

所与のパケットの異なった部分に部分的エラー・フラッギングを提供するために、特定のチャネル符号構成に従って、前記チャネル符号の複数の符号語を前記デジタル情報の前記所与のパケットと関連づけるステップと、

少なくとも部分的に前記チャネル符号構成に基づいて、特定のビット・レートでの前記パケットの送信のためのビット割り当てを決定するステップとを含む方法。

【請求項２】

前記デジタル情報は内部符号と外部符号とを使用して送信され、前記チャネル符号構成は外部符号構成を含む、請求項１に記載の方法。

【請求項３】

前記外部符号構成は、前記所与のパケット内で連続的に配置された複数の符号語を含む、請求項２に記載の方法。

【請求項４】

前記外部符号構成は、前記所与のパケット内の複数の入れ子にされた符号語を含む、請求項２に記載の方法。

【請求項５】

前記外部符号構成は、少なくとも１つの付加的な連続的に配置された符号語と組み合わせ

て、少なくとも１つの水準の入れ子にされた符号語を含む、請求項２に記載の方法。
【請求項６】
前記外部符号構成は、単一の可変長符号語が後または先にある、複数の連続的に配置された固定長符号語を含む、請求項２に記載の方法。
【請求項７】
前記部分的エラー・フラッギングの結果生成されたエラー・フラグは、オーディオ・デコーダに提供されて、前記オーディオ・デコーダにおいてエラー緩和アルゴリズムをトリガするのに使用される、請求項１に記載の方法。
【請求項８】
通信システムにおける送信のために、少なくとも１つのチャネル符号を使用して送信されるデジタル情報を処理する装置であって、
所与のパケットの異なった部分に部分的エラー・フラッギングを提供するために、特定のチャネル符号構成に従って、前記チャネル符号の複数の符号語を前記デジタル情報の前記所与のパケットと関連づけ、少なくとも部分的に前記チャネル符号構成に基づいて、特定のビット・レートでの前記パケットの送信のためのビット割り当てを決定するように動作する送信機を含む装置。
【請求項９】
通信システムにおける送信のために、少なくとも１つのチャネル符号を使用して送信されるデジタル情報を処理する送信機であって、
前記デジタル情報を符号化する情報エンコーダと、
前記情報エンコーダの出力に接続された入力を有し、前記デジタル情報の所与のパケットが、前記所与のパケットの異なった部分に部分的なエラー・フラッギングを提供する前記チャネル符号の複数の符号語と関連づけられるように、特定のチャネル符号構成に従ってチャネル符号語を提供するように動作するチャネル符号エンコーダとを含み、
前記情報エンコーダは、少なくとも部分的に前記チャネル符号構成に基づいて、特定のビット・レートでの前記パケットの送信のためのビット割り当てを決定する送信機。
【請求項１０】
前記デジタル情報は内部符号と外部符号とを使用して送信され、前記チャネル符号構成は外部符号構成を含む、請求項９に記載の送信機。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は一般的に、通信システムにおいて情報を送信するデジタル・オーディオ放送（ＤＡＢ）および他の技術に関する。
【０００２】
【従来の技術】
ＦＭラジオ周波数帯においてデジタル・オーディオ放送（ＤＡＢ）を提供する提案されているシステムは、ほぼＣＤ音質のオーディオ・サービス、データ・サービス、および既存のアナログＦＭ送信よりも確固とした通達範囲を提供するものと期待される。しかし、全デジタルＤＡＢへの移行が達成されるまでは、放送業者は、同じ認可周波数帯の中でアナログ信号とデジタル信号とを同時に送信できる中間的な解決策を必要としている。かかるシステムは通常、ハイブリッド・インバンド・オンチャネル（ＨＩＢＯＣ）ＤＡＢシステムと呼ばれており、ＦＭラジオおよびＡＭラジオの両周波数帯向けに開発されている。従来のアナログＦＭ受信機における大きな歪みを防止するために、典型的なＦＭ　ＨＩＢＯＣ　ＤＡＢシステムにおけるデジタル信号は、たとえば、アナログＦＭホスト信号の片側に１つある、２つの側波帯で送信される。
【０００３】
知覚オーディオ符号化技術は、ＨＩＢＯＣ　ＤＡＢなどのＦＭ周波数帯送信およびＡＭ周波数帯送信での応用に特に魅力的である。参照することにより本明細書に含めた、１９９８年CRC Press社発行のDigital Audio誌、セクション４２，４２－１～４２－１８ページ

掲載の、D. sinha、 J.D. Johnston、 S. DorwardおよびS.R. Quackenbush著「The perceptual audio Coder」に記載された知覚オーディオ符号器（ＰＡＣ）などの知覚オーディオ符号化装置は、各オーディオ・フレーム毎に必要ビット数を心理音響学モデルに基づいて計算する雑音割り当て方式を使用して、オーディオ符号化を行う。ＰＡＣおよび、類似の圧縮技術を組み込んだ他のオーディオ符号化装置は、本質的にパケット志向である。すなわち、一定の時間間隔（フレーム）に関するオーディオ情報が、可変ビット長のパケットによって表される。各パケットは、特定の制御情報を含み、それに続いて、オーディオ・フレームの量子化されたスペクトル／サブバンド表現を含む。ステレオ信号については、パケットは、中央チャネルおよび側チャネル（たとえば、左チャネルおよび右チャネル）としての、２つ以上のオーディオ・チャネルのスペクトル表現を別個にまたは異なった方法で含んでもよい。

【０００４】

上記で引用した参考文献で説明されたＰＡＣ符号化は、知覚駆動型適応フィルタ・バンクまたは変換符号化アルゴリズムとして見てもよい。これは、高水準の信号圧縮を達成するために、進歩した信号処理技術および心理音響学モデル化技術を組み入れている。簡潔に述べると、ＰＡＣ符号化は、オーディオ信号の簡略な表現を得るために、修正離散余弦変換（Modified Discrete Cosine Transform:ＭＤＣＴ）と小波変換との間で切り換える信号適応切換フィルタ・バンクを使用している。フィルタ・バンク出力は、非均一ベクトル量子化器を使用して量子化される。量子化を目的として、フィルタ・バンク出力は、量子化器パラメータ、たとえば、量子化器ステップ・サイズが各コードバンドについて独立に選択されるように、いわゆる「コードバンド」に区分される。これらのステップ・サイズは、心理音響学モデルに従って生成される。量子化された係数は、適応ハフマン符号化技術を用いて更に圧縮される。ＰＡＣは合計で１５個の異なったコードブックを採用しており、各コードバンドについて最善のコードブックを独立して選択することができる。ステレオおよびマルチチャネルのオーディオ材料については、和／差または他の形式のマルチチャネルの組み合わせを符号化することができる。

【０００５】

ＰＡＣ符号化は、ブロック・サンプリング・アルゴリズムを使用して、圧縮されたオーディオ情報をパケット化されたビットストリームにフォーマットする。４４．１ｋＨｚのサンプリング・レートでは、チャネル数にかかわらず、各パケットは各チャネルからの１０２４入力サンプルに対応する。１つの１０２４サンプル・ブロックに関するハフマン符号化フィルタ・バンク出力、コードブック選択、量子化器およびチャネル組み合わせ情報は、単一のパケット内に配置される。各１０２４インプット・オーディオ・サンプル・ブロックに対応するパケットのサイズは変化するが、以下で説明するように、長期的に一定の平均パケット長を維持することはできる。

【０００６】

アプリケーションに応じて、様々な付加的情報を最初のフレームまたはあらゆるフレームに加えることができる。ＤＡＢアプリケーションにおける送信チャネルのような、信頼性のない送信チャネルについては、各フレームにヘッダが付加される。このヘッダは、エラー回復用に必須のＰＡＣパケット同期情報を含み、サンプル・レート、送信ビット・レート、オーディオ符号化モードなどの他の有用な情報を含んでもよい。必須の制御情報は、２つの連続したパケットにおいて繰り返すことにより更に保護される。

【０００７】

上記の説明から、心理音響学モデルに従って判断されるように、ＰＡＣ必要ビット数は主として量子化ステップ・サイズによって推論される。しかし、ハフマン符号化を使用するために、予め、すなわち、量子化ステップおよびハフマン符号化ステップ以前に、正確な必要ビット数を予測することは一般的に可能ではなく、必要ビット数はフレーム毎に変化する。したがって、従来のＰＡＣエンコーダは、長期的なビット・レートの制約を満たすために、緩衝機構およびレート・ループを利用している。緩衝機構における緩衝器のサイズは、許容可能なシステム遅延によって決定される。

【０００８】
【発明が解決しようとする課題】
従来のＰＡＣビット割り当てにおいては、エンコーダは、特定のオーディオ・フレーム用の特定数のビットを緩衝器制御機構に割り当てる要求を行う。緩衝器の状態および平均ビット・レートに応じて、緩衝器制御機構は次に、現在のフレームに実際に割り当てることができる最大ビット数を返送する。このビット割り当ては、最初のビット割り当て要求よりも大幅に低くできることに留意されたい。このことは、知覚的に透明な符号化に関する正確性の水準、すなわち、最初の心理音響学モデルのステップ・サイズによって暗示された水準で、現在のフレームを符号化することが可能でないことを示している。修正されたステップ・サイズでの必要ビット数が実際のビット割り当て未満かそれに近くなるように、ステップ・サイズを調節することが、レート・ループの機能である。レート・ループは、過度の雑音の知覚を最小にするために、心理音響学の原理に基づいて動作する。
【０００９】
ＰＡＣ符号化を利用した、ＤＡＢシステムにおける上記の進歩にもかかわらず、これらのシステムおよび他のシステムにおいて強化されたパフォーマンス能力を提供するために、デジタル・オーディオ情報および他の情報を送信する技術における更なる改良に関する必要性が存在している。
【００１０】
【課題を解決するための手段】
本発明は、従来のシステムに比して強化されたパフォーマンスを提供するために、デジタル・オーディオ放送（ＤＡＢ）システムまたは他の種類のデジタル通信システムにおいて、チャネル符号、たとえば、外部チャネル符号を構成する方法および装置を提供する。
【００１１】
本発明の例示的実施形態によれば、デジタル情報は、外部チャネル符号、たとえば巡回冗長符号（ＣＲＣ）、および内部チャネル符号、たとえば相補型破壊対（complementary punctured pair）たたみ込み（ＣＰＰＣ）符号を使用して符号化される。デジタル情報の所与のパケットの異なった部分について部分的なエラー・フラッギングを提供するために、外部符号の多数の符号語が、特定の外部符号構成に従ってその所与のパケットと関連づけられる。
【００１２】
デジタル情報は、知覚オーディオ符号器（ＰＡＣ）エンコーダまたは他の適切なエンコーダによって生成された一連のパケットを含むビットストリームの形式での、符号化された圧縮オーディオ情報にすることができる。部分的なエラー・フラッギングの結果生成されたエラー・フラグは、ＰＡＣデコーダに供給して、ＰＡＣデコーダにおいてエラー緩和アルゴリズムをトリガするために使用することができる。ＰＡＣエンコーダは、少なくとも部分的に外部符号構成に基づいて、特定のビット・レートでのパケットの送信に関するビット割り当てを決定するために、外部符号エンコーダと相互作用するようにも動作する。
【００１３】
本発明による外部符号構成の例は、たとえば、所与のパケット内で連続的に配置された多数の符号語、および所与のパケット内の１つまたは複数の入れ子にされた水準の符号語を含む。これらの構成の組み合わせも使用することができる。たとえば、外部符号構成は、少なくとも１つの付加的な連続的に配置された符号語と組み合わせて、少なくとも１つの水準の入れ子にされた符号語を含んでもよい。別の例としては、外部符号構成は、単一の可変長の符号語が前または後につく、複数の連続的に配置された固定長の符号語を含んでもよい。
【００１４】
これらの改良された構成のそれぞれにおいて、部分的エラー・フラッギングが提供され、外部符号構成をＰＡＣフレームに同期させることができることが有利である。更に、外部符号のオーバーヘッドは個々のＰＡＣパケットに適合させることができる。すなわち、非常に短いパケットには少ないオーバーヘッドを提供して、より重要な長いパケットにはよ

り多いオーバーヘッドを提供することができる。したがって、これらの構成は、外部符号ビットをオーディオ情報の重要性によりよく整合することを可能にし、それによって、外部符号オーバーヘッドを増加させることなく、改善されたパフォーマンスを提供できる。

【００１５】

本発明と共に使用できる他の種類の外部符号は、たとえば、ＲＳ符号、ＢＣＨ符号および他のブロック符号、他の循環符号、ならびに非循環短縮符号を含む。

【００１６】

本発明は、たとえば、データ、映像および画像の情報を含む、他の種類のデジタル情報に適用することができる。また、本発明は、インターネット、衛星放送システム、オーディオおよびデータの同時配信用システムなど、ＦＭおよびＡＭのＨＩＢＯＣ　ＤＡＢシステム以外の多数のアプリケーションにおいて実施してもよい。更に、本発明は、知覚符号器のみならず、広範囲なビット・レートで他の圧縮技術を使用した他の種類のソース・エンコーダにも適用可能である。

【００１７】

【発明実施の形態】

本発明は、以下で説明する例示的実施形態において、オーディオ情報ビット、たとえば、知覚オーディオ符号器（ＰＡＣ）などのオーディオ符号器によって生成された圧縮オーディオ・ビットの送信に使用するのに特に適した、外部符号構成技術を提供する。しかし、本発明の外部符号構成技術は、多数の他の種類の情報、たとえば、映像情報または画像情報、および他の種類の符号化装置にも適用できることを理解されたい。また、本発明は、インターネットおよび他のコンピュータ・ネットワーク上での通信、セルラ・マルチメディア、衛星、無線ケーブル、無線ローカル・ループ、高速無線アクセスおよび他の種類の通信システム上での通信を含む、多様な異なった種類の通信アプリケーションで利用することもできる。本発明は、たとえば、周波数チャネル、タイム・スロット、符号分割多重アクセス（ＣＤＭＡ）スロット、および非同期転送モード（ＡＴＭ）または他のパケット・ベースの送信システムにおける仮想接続などの、あらゆる所望の種類の通信チャネル（単数または複数）と共に利用することもできる。

【００１８】

図１は、本発明を実施できる、例示的なＦＭハイブリッド・インバンド・オンチャネル（ＨＩＢＯＣ）デジタル・オーディオ放送（ＤＡＢ）システムにおける周波数スペクトルの一部を示している。スペクトルは、周波数ｆの関数としての強度Ｐとしてプロットされている。図示したスペクトルの一部は、関連づけられた低周波数デジタル側波帯１０２および高周波数デジタル側波帯１０４を有するアナログ・ホストＦＭ信号１００を含む。側波帯は、ＨＩＢＯＣ　ＤＡＢシステムにおいてデジタル・オーディオ情報を送信するのに使用される、周波数スペクトルの部分を表している。

【００１９】

本発明の例示的実施形態においては、ＤＡＢシステムは、内部符号として、デジタル側波帯１０２、１０４における最適なビット配置（ＯＢＰ）を有する相補型破壊対たたみ込み（ＣＰＰＣ）符号を使用できる。本発明のシステムにおいて使用するのに適したＣＰＰＣ符号およびＯＢＰ技術は、たとえば、１９９８年１２月２１日に発明者Brian Chenおよび Carl-Erik W. Sundberg名で出願された、「Optimal Complementary Punctured Convolutional Codes」という名称の、米国特許出願第０９／２１７，６５５において説明されており、これは参照することにより本明細書に含めた。更に特定的には、この例示的実施形態は、たとえば、結合されたレート－２／５符号を生ずる、２つの側波帯に関する一対のレート－４／５、メモリＭ＝６　ＣＰＰＣ符号を使用することができる。ビット配置は、たとえば、最も外側の周波数構成要素が、最初の隣接干渉の影響を最も受けやすい側波帯構成要素であると思われる場合について、最適化することができる。

【００２０】

本明細書ではＣＰＰＣ符号と共に示してあるが、本発明は多数の代替的符号配置、たとえば、ＯＢＰと結合するクラシック・コード、多重ストリーム符号化などと共に利用するこ

ともできる。
【００２１】
例示的実施形態におけるシステムは、外部前方誤り訂正（ＦＥＣ）符号またはエラー検出符号として循環冗長符号（ＣＲＣ）を使用し、差分直交位相シフト・キー（ＤＱＰＳＫ）／直交周波数分割多重（ＯＦＤＭ）変調を使用することができる。送信された記号のＤＱＰＳＫ変調は、周波数選択フェージングおよび発振器位相ドリフトを強固にする。差分符号化は、ＯＦＤＭトーン間の周波数において行われる。送信されるデジタル信号および外部ＣＲＣブロック符号は、側波帯１０２、１０４のそれぞれにおいて繰り返される。
【００２２】
図１に示したように、側波帯１０２、１０４のそれぞれは、Ｎ個の構成要素、１０２－１、１０２－２、．．．１０２－Ｎ、および１０４－１、１０４－２、．．．１０４－Ｎをそれぞれ含む。これらの構成要素は、たとえば、ＯＦＤＭキャリアの組を表すことができる。パイロット・トーン１０３は側波帯１０２の端の何れかに存在し、パイロット・トーン１０５は、側波帯１０４の端の何れかに存在する。図示していない付加的なパイロット・トーンが、図示した周波数スペクトルの部分のどこかに存在してもよい。パイロット・トーン１０３、１０５は選択されたＯＦＤＭ基準トーンに対応し、たとえば、干渉の存在を判断するために使用することができる。
【００２３】
本発明は、図１のＨＩＢＯＣ　ＤＡＢシステム、ならびに他の種類の通信システムにおいて実施できる、改良された外部符号構成を提供する。ここで、図１に示した種類のスペクトルを有するＨＩＢＯＣシステムを、図２および３を参照して更に詳細に説明する。
【００２４】
図２は、本発明を実施できる例示的なＦＭ　ＨＩＢＯＣ　ＤＡＢシステム２００を示している。システム２００は、送信機および受信機の部分を含む。図２は、システムのデジタル的部分、すなわち、デジタル信号の生成および処理に関連した部分を主として示していることに留意されたい。アナログ信号を処理するために、付加的な従来の処理要素を使用してもよい。
【００２５】
システム２００において、ＰＡＣオーディオ符号器２０２は、たとえば、上記で引用した１９９８年CRC Press社発行のDigital Audio誌、セクション４２，４２－１～４２－１８ページ掲載の、D. sinha、 J.D. Johnston、 S. DorwardおよびS.R. Quackenbush著「The perceptual audio Coder」に記載されたオーディオ圧縮技術を使用して、たとえば、９６ｋｂｐｓのビット・レートで符号化オーディオ信号を生成する。符号化オーディオ・ビットストリームはＣＲＣエンコーダ２０４に与えられて、ＣＲＣエンコーダ２０４は、ＣＲＣエラー検出ブロック符号を使用して従来の方法でＣＲＣビットを生成し、次に、符号化オーディオ・ビットストリームはチャネル符号化および変調サブシステム２１０に与えられる。
【００２６】
前述のように、ＣＲＣは、システム２００において使用できる外部符号の１つの種類の例である。本発明と共に使用するのに適している可能性のある他の外部符号は、たとえば、リード・ソロモン（ＲＳ）符号、Bose-Chadhuri-Hocquenghem（ＢＣＨ）符号、ならびに他の種類のブロック符号を含む。他の循環符号、ならびに非循環短縮符号も、本発明による外部符号として使用できる。
【００２７】
図３に示したように、サブシステム２１０は、チャネル符号化、変調、送信、受信、変調およびチャネル復号の動作を行う。図示を目的として、サブシステム２１０は、ＨＩＢＯＣ　ＤＡＢ信号が送信されるＦＭ放送チャネル２３０を含むと仮定した。図３のサブシステム２１０は、たたみ込み符号器２２０、たとえば、上記のＣＰＰＣ技術によってオーディオ・ビットストリームを符号化するＣＰＰＣ符号器、インターリーバ２２２、ＤＱＰＳＫ変調器２２４、およびＯＦＤＭ変調器２２６を含む送信機部を含む。

【００２８】
前述のように、符号器２２０で行われるたたみ込み符号化は、システム２００において使用できる種類の内部符号の例である。ブロック符号またはたたみ込み符号、いわゆる「ターボ」符号、および格子状符号化変調と関連づけられた符号化を含む、他の種類の内部符号を使用してもよい。デジタル側波帯１０２および１０４に対応する、ＯＦＤＭ変調器２２６の変調出力は、ＦＭ放送チャネル２３０を介して、ＯＦＤＭ復調器２３２、ＤＱＰＳＫ復調器２３４、デインターリーバ２３８、およびビテルビ・デコーダ２４０を含む受信機部に送信される。
【００２９】
再び図２を参照すると、サブシステム２１０の受信機部からの復調され復号された受信信号は、ＣＲＣデコーダ２１２に与えられ、次にＰＡＣオーディオ・デコーダ２１４に与えられる。ＣＲＣデコーダ２１２は、出力２４２を介して図３のビテルビ・デコーダ２４０に提供されるエラー・フラグを生成する。エラー・フラグは、ＰＡＣオーディオ・デコーダ２１４における従来のエラー緩和工程をトリガするために使用してもよい。デコーダ２１４からの再構成されたオーディオ信号は、可聴な形式に変換するために、出力装置２１６、たとえば、スピーカまたはスピーカのセットに与えられる。
【００３０】
図３のビテルビ・デコーダ２４０は、デコーダによって生成された１つまたは複数の代替的復号化パスの選択をトリガするために、ＣＲＣエラー・フラグまたは他の種類の外部符号エラー・フラグが使用される、リスト・ビテルビ・アルゴリズム（ＬＶＡ）技術を使用してもよい。たとえば、出力２４２を介して提供されたＣＲＣエラー・フラグは、最もあり得るパスにおけるエラーをエラー・フラグが示している場合などには、次にあり得るパスの選択をトリガすることができる。
【００３１】
本発明と共に使用するのに適したＬＶＡ技術の別の例は、いわゆる「ショート・リスト」タイプのリスト・ビテルビ復号化である。例示的実施形態におけるリスト・サイズは、たとえば、２個、３個または４個程度のエントリであることが好ましい。典型的なＦＭ　ＨＩＢＯＣ　ＤＡＢシステムにおける最初の隣接干渉信号は、たとえば、自動車内の受信機が最初の隣接干渉信号がある範囲内で移動する場合のように、通常は徐々に変化する干渉水準につながるので、ショート・リストは許容できる。さらに、所与の消去された構成要素は、多数のＣＲＣフレームにわたって消去されたままであることが通常は望ましいであろう。正確なリスト・サイズおよび構成要素消去の回数は、当業者には明らかなように、シミュレーションを使用して確定することができる。
【００３２】
本発明の例示的実施形態におけるＦＭ　ＨＩＢＯＣシステムの上記構成は、例として示しているだけであることを再度強調すべきであろう。当業者は、本発明の改良された外部符号構成を、多数の他の種類のシステムにおいて実施できることを理解されるであろう。
【００３３】
例示的実施形態のシステムは、ＰＡＣデコーダ２１４においてエラー緩和アルゴリズムをトリガする上記のエラー・フラグを生成するために、多様な異なった外部符号構成を使用することができる。
【００３４】
図４は、上記のＨＩＢＯＣ　ＤＡＢシステムにおいて使用できる、１つの可能な外部符号構成を示している。この構成においては、固定長ＣＲＣ、すなわち、固定数のＣＲＣチェック・ビットが、パケットの長さにかかわらず、各ＰＡＣオーディオ・パケットに付加される。より特定的には、ＣＲＣエンコーダ２０４の出力でのビットストリーム２５０は、多数のＰＡＣパケット２５２－１、２５２－２などを含む。ＰＡＣパケット２５２－１、２５２－２、．．．に関連するのは、それぞれ、対応する固定長ＣＲＣ２５４－１、２５４－２など、および同期（ＳＹＮＣ）符号２５６－１、２５６－２などである。ＣＲＣに割り当てられたビットの数は、レート・ループを実行する前に決定されたビット割り当て

から得ることができる。この構成の問題は、部分的エラー・フラッギングを提供しないこと、すなわち、所与の固定長ＣＲＣがその対応するＰＡＣパケットにおけるエラーを示した場合に、パケット全体を捨てなければならないことである。

【００３５】

図５は、上記のＨＩＢＯＣ　ＤＡＢシステムにおいて使用できる、別の可能な外部符号構成を示している。この構成においては、所与のＰＡＣパケットの異なった部分について異なったエラー・フラグを生成できる。より特定的には、ＦＥＣ１、ＦＥＣ２、ＦＥＣ３などで示された外部ＦＥＣ領域が、ｎ個のビットの組でそれぞれ生成されており、そのため、各ＦＥＣ領域は所与のＰＡＣパケットの特定部分と関連づけられている。その結果、部分的エラー・フラッギングが提供される。すなわち、外部ＦＥＣフィールドに基づいてエラーであると判断される所与のＰＡＣパケットの１つまたは複数の部分を捨てることができ、一方で、エラーではない同じパケットの他の部分を使用することができる。

【００３６】

ＰＡＣデコーダ２０２の出力でのＰＡＣビットストリーム２６０、すなわちＦＥＣビットの挿入前のＰＡＣビットストリーム２６０は、ＰＡＣパケット２５２－１、２５２－２など、およびそれぞれ対応するＳＹＮＣ符号２５６－１、２５６－２などを含む。この構成における外部符号は、ＰＡＣパケットとは非同期であり、そのため、外部ＦＥＣ符号とＰＡＣパケットには別個の同期が必要とされる。外部符号は、選択された符号レートで、一定の適切な最適化された符号語長とすることができる。前述の構成におけるのと同様に、ＰＡＣパケット同期は、ＳＹＮＣ符号２５６－１、２５６－２、２５６－３などによって提供される。

【００３７】

図５に示した構成の潜在的な問題は、特定のＦＥＣブロックが２つの隣接するＰＡＣフレームと重複する場合があり、したがって、二重のパケット損失を生じさせる場合があることである。この構成の別の問題は、前述のように、外部ＦＥＣブロックについて別個の同期を必要とすることである。

【００３８】

図６、７および８は、図４および５の構成に関連した問題を克服する、本発明による改良された外部符号構成を示している。これらの改良された構成のそれぞれにおいて、部分的エラー・フラッギングが提供されるが、外部符号構成もＰＡＣフレームに同期することが有利である。更に、外部符号のオーバーヘッドは個々のＰＡＣパケットに適合させることができる。すなわち、非常に短いパケットには少ないオーバーヘッドを提供し、より重要な長いパケットにはより多くのオーバーヘッドを提供することができる。したがって、これらの構成は、外部符号ビットがオーディオ情報の重要度によりよく整合することを可能にする。その結果、外部符号オーバーヘッドの増加なくして、改善されたパフォーマンスを提供することができる。

【００３９】

図６は、上記の種類の構成を示しており、多数の外部符号語が各ＰＡＣパケットと関連づけられている。この構成においては、ＣＲＣエンコーダ２０４の出力でのビットストリーム２７０は、それぞれ対応するＳＹＮＣ符号２７６－１、２７６－２などを使用して同期される多数のＰＡＣパケット２７２－１、２７２－２などを含む。ＰＡＣパケット２７２－１のうち所与の１つは、多数のビット２７８の異なったグループに分割されている。この例においては、それぞれn_1個、n_2個およびn_3個のビットを含む、少なくとも３つのグループのビット２７８－Ａ、２７８－Ｂおよび２７８－Ｃがある。ビットストリーム２７０も、それぞれ対応するグループのビット２７８－Ａ、２７８－Ｂおよび２７８－Ｃについて生成される、固定長ＣＲＣ２７４－Ａ、２７４－Ｂおよび２７４－Ｃを含む。したがって、この例においては、パケット２７２－１と関連づけられた３つの外部符号語があり、ビット２７８のグループのそれぞれについて部分的なエラー・フラッギングを提供する。ＳＹＮＣ符号２７６－１、２７６－２などは、パケットおよび固定長ＣＲＣの両方について同期を提供する。

【００４０】
図６の構成においては、グループの全てが同じ数のビットを有していてもよい。すなわち、n_1、n_2およびn_3は全て等しくてもよい。代替的に、グループのサブセットのみが同じ数のビットを有することもできるであろう。たとえば、所与のパケットにおける最初または最後のビットのグループは、他のグループよりも少ない数のビットを含むことができるであろう。すなわち、所与のパケットの始めまたは終わりでビット数の「概数化」が生じ得るであろう。ＰＡＣパケット長は可変であるので、特定数のＣＲＣはもちろんパケット毎に異なる場合があることにも留意されたい。

【００４１】
図７は、各ＰＡＣパケットと関連づけられた入れ子にされた多数の外部符号語を有する外部符号構成を示している。この構成において、ＣＲＣエンコーダ２０４の出力でのビットストリーム２８０は、多数のＰＡＣパケット２８２－１などを含み、これらはそれぞれ対応するＳＹＮＣ符号２８６－１などを使用して同期される。ＰＡＣパケット２８２－１は、多数の異なったグループのビット２８８に分割される。この例においては、少なくとも２つのグループのビット２８８－１および２８８－２があり、それぞれが異なった数のビットを含む。ビットストリーム２８０は、固定長ＣＲＣ２８４－ａおよび２８４－ｂも含む。ＣＲＣ２８４－ａは両方のグループ２８８－１および２８８－２の中のビットについて生成される。すなわち、ＣＲＣ２８４－ａはこれらのグループの両方の中のビットをカバーする。ＣＲＣ２８４－ｂはグループ２８８－２の中のビットのみについて生成される。すなわち、ＣＲＣ２８４－ｂはグループ２８８－２のみの中のビットをカバーする。したがって、この例においては、パケット２８２－１と関連づけられた少なくとも２つの外部符号語があり、ビット２８８のグループのそれぞれについて部分的エラー・フラッギングを提供する。ＳＹＮＣ符号２８６－１などは、パケットおよび固定長ＣＲＣの両方に同期を提供する。

【００４２】
図８は、可変長ＣＲＣがＰＡＣパケット長と整合されている外部符号構成を示している。この構成においては、ＣＲＣエンコーダ２０４の出力でのビットストリーム２９０は、多数のＰＡＣパケット２９２－１、．．．、２９２－ｍを含み、これらは対応するＳＹＮＣ符号２９６－１、．．．、２９６－ｍを使用して同期される。パケットのそれぞれに関連づけられているのは、１つまたは複数の可変長ＣＲＣであり、これらは、図６を参照して上記にて説明したものと同様の方法で、所与のパケット内で連続的に配置される。たとえば、パケット２９２－１は少なくともＣＲＣ２９４－１を含み、パケット２９２－ｍは少なくともＣＲＣ２９４－ｍを含む。図８には、図示の単純化のために、各パケットについて単一の可変長ＣＲＣしか示されていないが、通常は各パケットについて多数のＣＲＣがあることを理解されたい。やはり、この構成も、図６および７を参照して説明した構成と同様に、部分的エラー・フラッギング、およびＰＡＣパケットと外部符号語との共通の同期を提供する。

【００４３】
図６、７および８に示した外部符号構成は、例示することだけを意図しており、本発明に従って多数の代替的構成を生成できることを理解されたい。たとえば、上記構成の多数の組み合わせを使用してもよい。この種の可能な代替的構成は、図７を参照して説明した単一水準の入れ子を含んでもよく、パケットの残りの部分について、図６を参照して説明した固定長ＣＲＣの連続的配置がそれに続く。別の可能性は、単一の可変長ＣＲＣが続く多数の固定長ＣＲＣの連続的配置を有することである。図６、７および８の構成の他の多数の組み合わせは、他の代替的構成と同様、当業者には明らかであろう。また、所与の実施形態において使用される特定の外部符号構成は固定してもよいが、外部符号構成が選択可能であるように、他の実施形態を構成することができるであろう。すなわち、チャネル条件または他のシステム特性の変化に応じて、異なった構成を異なった時間での使用のために選択することができる。

【００４４】

本発明によるＰＡＣエンコーダと外部符号エンコーダとの間の相互作用を、図９および１０を参照して説明する。図９は、ＰＡＣエンコーダ３００と固定された外部ＣＲＣ符号エンコーダ３１０との間の相互作用を示している。これは、ＰＡＣエンコーダ３００が一定のビット・レートで動作する、図４を参照して説明した固定長ＣＲＣ構成と関連づけられた種類の相互作用である。

【００４５】

図６、７および８の外部符号構成においては、ビットの外部符号オーバーヘッドはＰＡＣパケット長の関数である。このオーバーヘッドは、ＰＡＣ符号化のビット割り当てとレート・ループ工程との両方で組み込まれる必要がある。ＰＡＣエンコーダのレート・ループは各繰り返しでパケット長を修正するので、対応する外部符号オーバーヘッドを決定する必要がある。これは、テーブル・ルックアップ工程または他の適当な技術を使用して行うことができる。

【００４６】

図１０は、この状況におけるＰＡＣエンコーダ３００′と外部ＣＲＣ符号エンコーダ３１２との間の相互作用を示している。ＣＲＣ選択要素３１１は所与のＰＡＣパケットを符号化するのに必要なＣＲＣビットの数を決定する。たとえば、ＣＲＣ選択要素３１１は、指標としてＰＡＣエンコーダ３００′によって提供された推測パケット長を使用して、テーブル・ルックアップ工程を遂行することにより、特定の外部符号構成を使用して所与のパケットを符号化するのに必要になるＣＲＣビットの数を決定することができる。必要数のＣＲＣビットは次にＰＡＣエンコーダ３００′に戻されて、ＰＡＣエンコーダ３００′のビット割り当てとレート・ループ工程において使用される。ＣＲＣ選択要素３１１は、ＰＡＣエンコーダ３００′またはＣＲＣエンコーダ３１２において、あるいは両エンコーダの組み合わせにおいて実施することができる。ＰＡＣエンコーダ３００′は図２のエンコーダ２０２に対応してもよく、外部符号エンコーダ３１２は図２のＣＲＣエンコーダ２０４に対応してもよいことに留意されたい。

【００４７】

図１０の配置の重要な利点は、外部符号ビットに関連したオーバーヘッドの増加は全くなしに、図９の配置に比して改善されたパフォーマンスを提供できることである。

【００４８】

前述のように、本発明の技術は、符号化効率を更に改善するするために、直接的な方法でＬＶＡと組み合わせることができる。更に、ＣＰＰＣ内部符号を用いて図示してあるが、本発明は、上側波帯および下側波帯の両方での同一の内部符号、ならびに、たとえば多数のストリーム符号化構成を含む多数の他の内部符号構成において使用できる。

【００４９】

図２および３を参照して説明した例示的実施形態は、変調器、マルチプレクサ、アップコンバータなどの付加的な処理要素を含んでもよいが、これらは図示の単純化のために図中では示していない。また、これらの実施形態は、図示したもの以外の要素を含む、要素の他の配置を使用して実施してもよい。更に、符号器および復号器などの特定の信号処理要素は、１つまたは複数の用途特定集積回路（ＡＳＩＣ）、マイクロプロセッサまたは他の種類のデジタル・データ・プロセッサ、ならびに、これらおよび他の既知の装置の一部または組み合わせを使用して、少なくとも部分的に実施してもよい。例示的実施形態の多様な要素は、デジタル・データ・プロセッサの中央演算処理装置（ＣＰＵ）などによって実行される１つまたは複数のソフトウエア・プログラムの形式で、全部または一部を実施してもよい。

【００５０】

本発明の代替的実施形態は、他の種類の外部符号、たとえば、ＲＳ、ＢＣＨまたは他のブロック符号、他の種類の内部符号、たとえば、様々な種類のたたみ込み符号、ターボ符号、あるいは格子状符号化変調と関連づけられた符号化、および様々な異なった種類のインターリービング、たとえば、ブロック・インターリービング、たたみ込みインターリービング、またはランダム・インターリービングを利用できることを再度強調すべきであろう

。ＲＳ、ＢＣＨまたは他の同様の種類のエラー修正外部符号を利用する実施形態は、もちろん、エラー修正用の符号ならびに、ＰＡＣエラー緩和を制御するエラー・フラグの生成用の符号を使用できる。

【００５１】

本発明は、単一のチャネル符号のみ、たとえば、外部符号のみを使用して実施することもできる。内部符号を利用しないかかる配置においては、単に外部符号はチャネル符号と呼んでもよい。

【００５２】

周波数分割多重化（ＦＤＭ）に言及して例示をしたが、本発明は、時分割多重（ＴＤＭ）フォーマットおよび符号分割多重（ＣＤＭ）フォーマット、ならびにＴＤＭ、ＦＤＭ、ＣＤＭおよび他の種類のフレーム・フォーマットの組み合わせを含む、非常に多様なフレーム・フォーマットに適用することもできる。更に、本明細書では詳細には説明していないが、たとえば、各側波帯構成要素における単一キャリア変調、または各側波帯構成要素におけるマルチ・キャリア変調（たとえばＯＦＤＭ）を含む、多数の異なった種類の変調技術を、本発明と共に使用してもよい。所与のキャリアは、たとえば、ｍ－ＱＡＭ、ｍ－ＰＳＫまたは格子状符号化変調などの技術を含む、あらゆる所望の種類の変調技術を使用して変調することができる。

【００５３】

本発明は、非常に多様な他の種類および配置の周波数スペクトル、たとえば、単一周波数帯を有しホスト・キャリア信号のないスペクトル、３個以上の側波帯を有するスペクトルなどと共に使用できることに留意されたい。

【００５４】

前述のように、本発明はデータ、映像、画像および他の種類の情報など、オーディオ以外のデジタル情報の送信に適用できる。例示的実施形態では、ＰＡＣエンコーダによって生成されるようなオーディオ・パケットを使用しているが、本発明は、あらゆる形式の、あらゆる種類の圧縮技術によって生成されるデジタル情報に更に一般的に適用可能である。本発明は、同時多プログラム聴取および／または録音、オーディオおよびデータの同時配信などの、多数のアプリケーションにおいて実施してもよい。これらの実施形態および実施、ならびに特許請求の範囲内のその他多数の代替的実施形態および実施は、当業者には明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明による、ハイブリッド・インバンド・オンチャネル（ＨＩＢＯＣ）デジタル・オーディオ放送（ＤＡＢ）システムの周波数スペクトルの一部の図である。

【図２】本発明を実施できるＨＩＢＯＣ　ＤＡＢシステムのブロック図である。

【図３】図２のＨＩＢＯＣ　ＤＡＢシステムのチャネル符号化および変調サブシステムの更に詳細なブロック図である。

【図４】図１～３のＨＩＢＯＣ　ＤＡＢシステムにおいて使用できる、第１の外部符号構成の図である。

【図５】図１～３のＨＩＢＯＣ　ＤＡＢシステムにおいて使用できる、第２の外部符号構成の図である。

【図６】本発明による改良された外部符号構成の図である。

【図７】本発明による改良された外部符号構成の図である。

【図８】本発明による改良された外部符号構成の図である。

【図９】異なった外部符号構成における、知覚オーディオ符号器（ＰＡＣ）エンコーダと外部符号エンコーダとの間の相互作用を示した図である。

【図１０】異なった外部符号構成における、知覚オーディオ符号器（ＰＡＣ）エンコーダと外部符号エンコーダとの間の相互作用を示した図である。

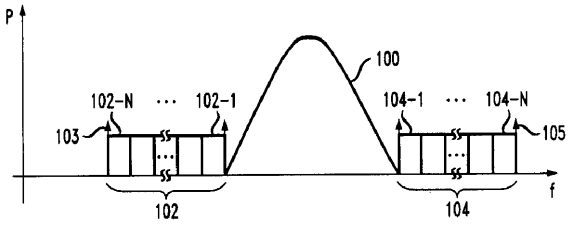
【符号の説明】

１００　アナログ・ホストＦＭ信号

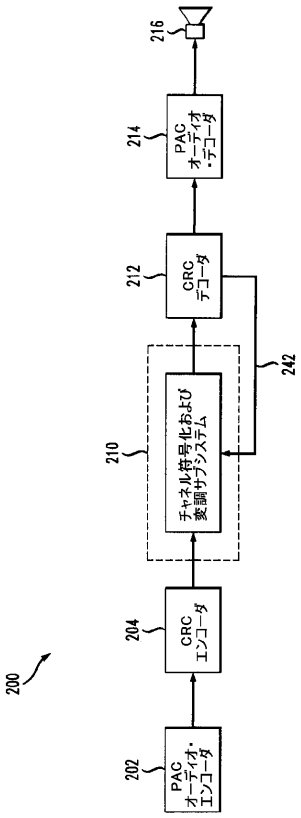
１０２　低周波数デジタル側波帯

１０３、１０５　パイロット・トーン
１０４　高周波数デジタル側波帯
２００　ＦＭ　ＨＩＢＯＣ　ＤＡＢシステム
２０２　ＰＡＣオーディオ符号器
２０４　ＣＲＣエンコーダ
２１０　チャネル符号化および変調サブシステム
２１２　ＣＲＣデコーダ
２１４　ＰＡＣオーディオ・デコーダ
２１６　出力装置
２２０　たたみ込み符号器
２２２　インターリーバ
２２４　ＤＱＰＳＫ変調器
２２６　ＯＦＤＭ変調器
２３０　ＦＭ放送チャネル
２３２　ＯＦＤＭ復調器
２３４　ＤＱＰＳＫ復調器
２３８　デインターリーバ
２４０　ビテルビ・デコーダ
２４２　出力
２５０、２７０、２８０、２９０　ビットストリーム
２５２－１、２５２－２、２７２－１、２７２－２、２８２－１　ＰＡＣパケット
２５４－１、２５４－２、２７４－Ａ、２７４－Ｂ、２７４－Ｃ、　２８４－ａ、２８４－ｂ　固定長ＣＲＣ
２５６－１、２５６－２、２５６－３、２７６－１、２７６－２、２８６－１同期（ＳＹＮＣ）符号
２６０　ＰＡＣビットストリーム
２７８－Ａ、２７８－Ｂ、２７８－Ｃ、２８８－１、２８８－２　ビット
３００、３００′　ＰＡＣエンコーダ
３１０、３１２　外部ＣＲＣ符号エンコーダ
３１１　ＣＲＣ選択要素

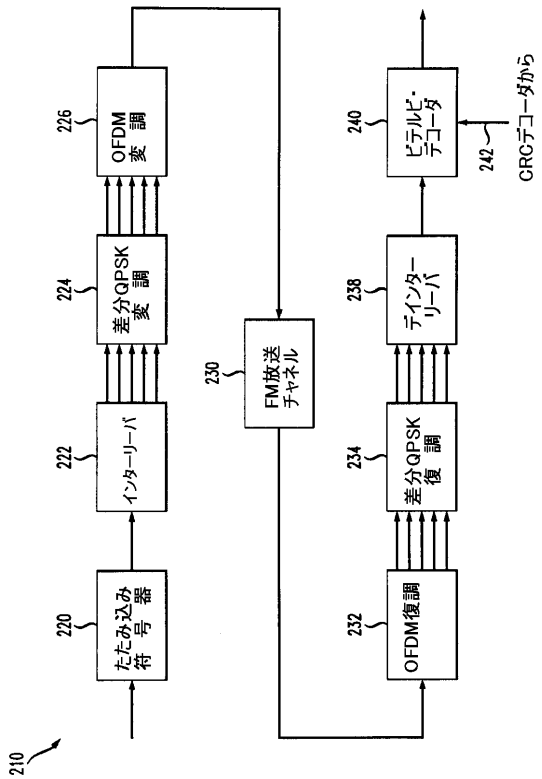
【図１】


P
100
102-N
102-1
104-1
104-N
103
105
102
104
f

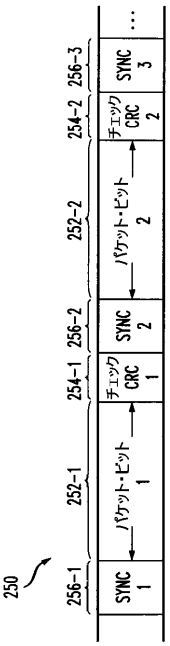
【図２】


216
214
PAC
オーディオ
・デコーダ
212
CRC
デコーダ
242
210
チャネル符号化および
変調サブシステム
204
CRC
エンコーダ
200
202
PAC
オーディオ・
エンコーダ

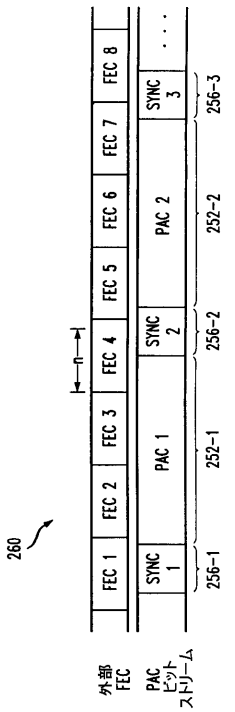
【図３】


226
OFDM
変調
224
差分QPSK
変調
222
インターリーバ
220
たたみ込み
符号器
210
230
FM放送
チャネル
240
ビテルビ・
デコーダ
242
CRCデコーダから
238
デインター
リーバ
234
差分QPSK
復調
232
OFDM復調

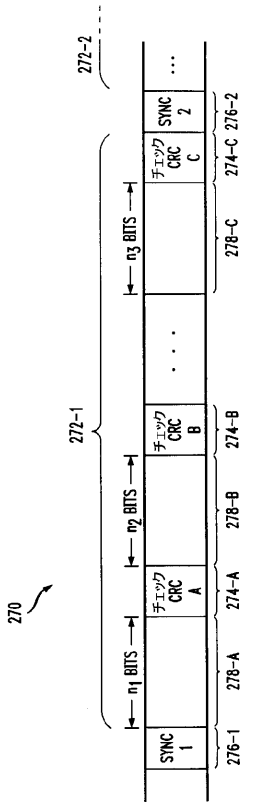
【図４】


250
256-1
SYNC
1
252-1
パケット・ビット
1
254-1
チェック
CRC
1
256-2
SYNC
2
252-2
パケット・ビット
2
254-2
チェック
CRC
2
256-3
SYNC
3
…

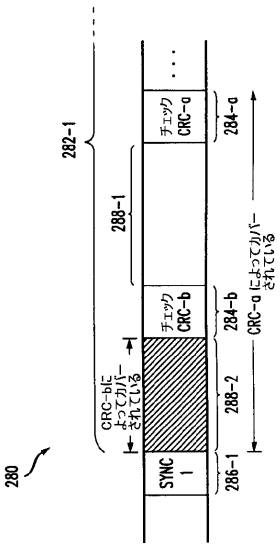
【図５】


260
外部FEC
PACビットストリーム
FEC 1
FEC 2
FEC 3
FEC 4
FEC 5
FEC 6
FEC 7
FEC 8
n
SYNC 1
PAC 1
SYNC 2
PAC 2
SYNC 3
256-1
252-1
256-2
252-2
256-3

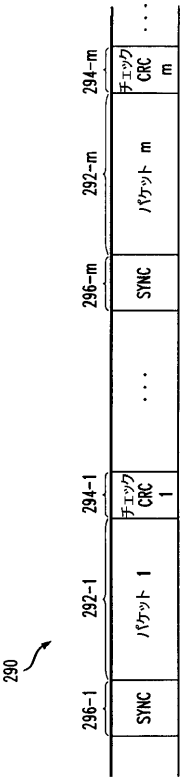
【図６】


270
272-1
272-2
SYNC 1
n1 BITS
チェック CRC A
n2 BITS
チェック CRC B
n3 BITS
チェック CRC C
SYNC 2
276-1
278-A
274-A
278-B
274-B
278-C
274-C
276-2

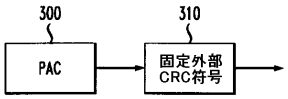
【図７】


280
282-1
CRC-bによってカバーされている
288-1
SYNC 1
チェック CRC-b
チェック CRC-a
284-b
284-a
286-1
288-2
CRC-aによってカバーされている

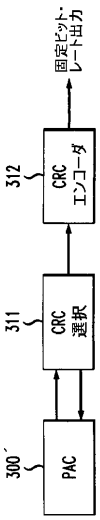
【図８】


290
SYNC
パケット 1
チェック CRC 1
SYNC
パケット m
チェック CRC m
296-1
292-1
294-1
296-m
292-m
294-m

【図９】


300
310
PAC
固定外部
CRC符号

【図１０】


固定ビット・
レート出力
312
CRC
エンコーダ
311
CRC
選択
300´
PAC

フロントページの続き

(74)代理人 100091889
弁理士 藤野 育男
(74)代理人 100101498
弁理士 越智 隆夫
(74)代理人 100096688
弁理士 本宮 照久
(74)代理人 100102808
弁理士 高梨 憲通
(74)代理人 100104352
弁理士 朝日 伸光
(74)代理人 100107401
弁理士 高橋 誠一郎
(74)代理人 100106183
弁理士 吉澤 弘司
(72)発明者 ジェリー ニコラス レインマン
アメリカ合衆国 ０２１３９ マサチューセッツ，カンブリッジ，マサチューセッツ アヴェニュー ４４０，アパートメント ナンバー２
(72)発明者 デープン シンハ
アメリカ合衆国 ０７９２８ ニュージャーシィ，カザム，ノエ アヴェニュー １６９
(72)発明者 カールーエリック ウィルヘルム サンドバーグ
アメリカ合衆国 ０７９２８ ニュージャーシィ，カザム，ヒッコリー プレイス エー－１１２５

審査官 矢頭 尚之

(56)参考文献 特開平０２－１９９９３７（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－００４１７１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H04L 1/00